

Описание функций интерфейса пользователя - ИССЛЕДОВАТЕЛЯ системы SPF@home,
позволяющих манипулировать представлениями информационного графа алгоритма (ИГА)

- I. Номера операторов суть уникальные целые числа (32-х битовые со знаком) включая 0 (отрицательные числа использовать не рекомендуется).
- II. Обозначения `boolean`, `integer`, `string` суть типы переменных в Lua 5.3; т.к. корректные номера операторов и ярусов неотрицательны, при этом *возврат отрицательного значения индицирует ошибку* (см. далее).
- III. Коды предусмотренных ошибок:
 - `ERR_RANGE_IN` -1313 некорректный диапазон входных величин,
 - `ERR_IN_DATA` -888 некорректные входные данные
 - `ERR_NOT_MASSIVE_EDGES` -666 не сформирован массив `Edges[][]`,
 - `ERR_NOT_MASSIVE_TIERS` -777 не сформирован массив `Tiers[][]`,
 - `ERR_NOT_MEMORY` -133 нехватка памяти для массивов `Edge[][]` и/или `Tiers[][]`,
 - `ERR_METRIC` -666.777 невозможно найти метрику вершины (оператора) или дуги ИГА,
 - `ERR_CALC` -777.666 код ошибки функций вычислений (семейство `Calc...`),
 - `ERR_COMMON` -123456789 общая ошибка.
- IV. В ходе выполнения программа в текстовом окне может выдавать сообщения различного уровня: -I- информационный, -W- предупредительный, -E- уровень ошибки.
- V. Основные данные для работы системы `SPF@home` находятся в файлах информационных зависимостей в алгоритме (ИГА). Файл текстовый, расширение `gv` (программно данные располагаются во внутреннем динамическом 2D-массиве с именем `Edges[][]`). Формат `gv` соответствует DOT-стандарту описания графов. Пример описания направленного (*direct*) ИГА ниже следует (здесь `digraph` – ключевое слово, `GraphName` – имя данного графа, `a,b,c,d` – целые числа, являющиеся идентификаторами вершин графа, символика “`b -> d ;`” говорит о наличии дуги от вершины ‘a’ к вершине ‘b’; соответственно символика “`a -> b -> c -> ;`” вещает о наличии серии дуг (*путь в графе*) промежду вершинами `a,b,c,d`; в строке указанные сущности могут не разделяться пробелами или быть разделены их любым числом), после запятой могут располагаться любые комментарии:

```
// однострочный комментарий
# иной однострочный комментарий
/* многострочный
комментарий к GV-файлу */
digraph GraphName {
a -> b -> c -> d ; любой комментарий к описанным дугам ИГА
b -> d ; другой комментарий к данной дуге ИГА
}
```

ЯПФ информационного графа всегда строится на основе существующего массива `Edges[][]`, причём собственно данные ЯПФ располагаются во внутреннем динамическом 2D-массиве именем `Tiers[][]`. Каждому `Edges[][]` может соответствовать множество `Tiers[][]`. Для правильного функционирования системы SPF@home важно в любом случае иметь корректное соответствие между представлением информационного графа в форме массивов `Edges[][]` и `Tiers[][]`. Массив `Edges[][]` вновь заполняется каждый раз при вызовах `ReadEdges()`, `CreateTiersByEdges()`, `CreateTiersByEdges_Bottom()` (аналоги F4, F5, Ctrl+F5 при “ручном” управлении, массив `Tiers[][]` – при вызовах `CreateTiersByEdges()`, `CreateTiersByEdges_Bottom()`).

- VI. Формат (представление) ИГА в форме ЯПФ включает ярусы (*Tiers*) от 0 до *N*. При этом узлы графа на нулевом ярусе не имеют входящих дуг и не соответствуют никаким операциям, а только определяют входные для данного алгоритма переменные (однако не значения переменных); при вычислении статистики (среднего по ярусам числа узлов, среднеквадратичного отклонения) узлы на 0-м ярусе не участвуют. С 0-го яруса нельзя переносить узлы вниз, под ним нельзя создать новый (пустой) ярус. При выводе ЯПФ номера узлов 0-го яруса снабжаются символом ‘<’ слева от номера узла.

Ярусы $1 \div N$ содержат узлы, соответствующие операторам – преобразователям информации, они участвуют в вычислении статистики, под каждым из них можно создавать новые ярусы. Узлы, не имеющие исходящих дуг (т.е. результат вычислений не используется в качестве входного операнда никаким иным узлом), считаются *выходными* и снабжаются символом ‘>’ справа от номера узла.

- VII. Файлы результатов расчётов выводятся файлами в подкаталог **Out!Data** относительно текущего каталога. Уникальность имён файлов для каждого расчёта достигается включением в имя файла метки времени с точностью до мсек:

- имена файлов вывода имеют вид: xxx!имя_Lua_скрипта!day-month-year_hour-min-sec-msec.txt. При автоматической обработке результатов большого количества экспериментов полное имя файла легко может быть разобрано на составляющие с помощью строки формата “%s!%s!%d-%d-%d_%d-%d-%d-%d.txt”, где xxx принимает значения protocol, stdin, stdout, stderr.

1. Информационные функции предоставляют работающему в системе SPF@home *клиенту* (далее **ИССЛЕДОВАТЕЛЮ**) данные о *текущем* (в данный момент обрабатываемым) ИГА

1.1 Информационные функции, предоставляющие данные о ИГА в целом (предполагается, что ИГА загружен из выбранного файла – для этого достаточно выполнить вызов `ReadEdges()`, тот же эффект дадут `CreateTiersByEdges()`, `CreateTiersByEdges_Bottom()`, см. ниже):

| № № | Имя функции | Действие | Входные параметры | Выходные параметры |
|--------|----------------------------|--|------------------------------|--------------------------|
| 1 | integer GetCountEdges() | Возвращает число дуг (информационных связей операторов) в ИГА, становится известно сразу после считывания файла ИГА | Нет | Число дуг графа (*ENME) |
| 2 | integer GetCountOps() | Возвращает число операторов в данном ИГА (без входных операторов), становится известно сразу после считывания файла ИГА (*2) | Нет | Число операторов (*ENMT) |
| 3 | integer GetNumbOp | Возвращает номер оператора (начиная с 1) из общего числа операторов (*2) GetCountOps() | Номер оператора по списку | Номер оператора (*ENMT) |

| | | | | |
|----|--|---|---|--|
| | (integer Numb) | | | |
| 4 | integer GetCountOpsInput() | Возвращает число входных (исходные данные для алгоритма) операторов в данном ИГА ^(*2) | Нет | Число операторов (*ENMT) |
| 5 | integer GetNumbOpInput (integer Numb) | Возвращает номер оператора (начиная с 1) из списка входных операторов (числом GetCountOpsInput()) ^(*2) | Номер оператора по списку | Номер оператора (*ENMT) |
| 6 | integer GetCountOpsOutput() | Возвращает число выходных (результат выполнения алгоритма) операторов в данном ИГА ^(*2) | Нет | Число операторов (*ENMT) |
| | integer GetNumbOpOutput (integer Numb) | Возвращает номер оператора (начиная с 1) из списка выходных операторов (числом GetCountOpsOutput()) ^(*2) | Нет | Число операторов (*ENMT) |
| 7 | integer GetCountInEdgesByOp (integer Op) | Возвращает число <i>входящих</i> дуг для оператора Op (аналог величины “ <i>степень захода</i> ” в теории графов) | Номер оператора Op | Число входящих дуг для оператора Op (для входных операторов $\equiv 0$, при несуществующем Op возвращается ERR_IN_DATA) |
| 8 | integer GetCountOutEdgesByOp (integer Op) | Возвращает число <i>выходящих</i> дуг для оператора Op (аналог величины “ <i>степень исхода</i> ” в теории графов) | Номер оператора Op | Число исходящих дуг для оператора Op (для выходных операторов $\equiv 0$, при несуществующем Op возвращается ERR_IN_DATA) |
| 9 | integer GetNumbInEdgeByOp (integer Numb, integer Op) | Возвращает номер оператора, соответствующего началу Numb-той <i>входящей</i> относительно оператора Op дуге ^(*3) | Номер (начиная с 1) дуги Numb, номер оператора Op | Номер оператора (*ENME, *EC) |
| 10 | integer GetNumbOutEdgeByOp (integer Numb, integer Op) | Возвращает номер оператора, соответствующего концу Numb-той <i>выходящей</i> относительно оператора Op дуге ^(*3) | Номер (начиная с 1) дуги Numb, номер оператора Op | Номер оператора (*ENME, *EC) |

1.2 Информационные функции, предоставляющие данные о ЯПФ информационного графа алгоритма (предполагается, что ИГА не только загружен из выбранного файла, но и создана ЯПФ – это достигается вызовами CreateTiersByEdges(), CreateTiersByEdges_Bottom(), см. ниже):

| | | | | |
|----|--|---|--|---|
| 11 | integer GetCountTiers() | Возвращает общее число (без нулевого) ярусов ЯПФ для данного ИГА (*2) | Нет | Число ярусов ЯПФ (*ENMT) |
| 12 | integer GetCountOpsOnTier (integer Tier) | Возвращает число операторов на заданном ярусе Tier | Номер яруса Tier | Число операторов (*ENME) |
| 13 | integer GetOpByNumbOnTier (integer Numb, integer Tier) | Возвращает номер Numb-того по счёту оператора на ярусе Tier; диапазон Numb от 1 до GetCountOpsOnTier(Tier) | Номер (по счёту начиная с 1) оператора на ярусе Tier | Номер оператора (*ENME) |
| 14 | integer GetMaxTierMaybeOp (integer Op) | Возвращает <i>максимальный</i> (наиболее "нижний") номер яруса, на котором может находиться Op (при заданных информационных связях ИГА) | Номер оператора Op | Номер яруса, <i>первый и последний</i> ярусы не учитываются (*ENMT) |
| 15 | integer GetMinTierMaybeOp (integer Op) | Возвращает <i>минимальный</i> (наиболее "верхний") номер яруса, на котором может находиться Op (при заданных информационных связях ИГА) | Номер оператора Op | Номер яруса, <i>первый и последний</i> ярусы не учитываются (*ENMT) |
| 16 | integer GetTierFirstMinOps (integer Tier1, integer Tier2) | Возвращает <i>первый</i> (с min Tier - если минимумов несколько) номер яруса (в диапазоне Tier1-Tier2) с минимумом по ярусам числом операторов | Номера ярусов Tier1, Tier2 | Номер яруса (*ENMT) |
| 17 | integer GetTierLastMinOps (integer Tier1, integer Tier2) | Возвращает <i>последний</i> (с max Tier - если минимумов несколько) номер яруса (в диапазоне Tier1-Tier2) с минимумом по ярусам числом операторов | Номера ярусов Tier1, Tier2 | Номер яруса (*ENMT) |
| 18 | integer GetTierFirstMaxOps (integer Tier1, integer Tier2) | Возвращает <i>первый</i> (с max Tier - если максимумов несколько) номер яруса (в диапазоне Tier1-Tier2) с максимумом по ярусам числом операторов | Номера ярусов Tier1, Tier2 | Номер яруса (*ENMT) |
| 19 | integer GetTierLastMaxOps (integer Tier1, integer Tier2) | Возвращает <i>последний</i> (с max Tier - если максимумов несколько) номер яруса (в диапазоне Tier1-Tier2) с максимумом по ярусам числом операторов | Номера ярусов Tier1, Tier2 | Номер яруса (*ENMT) |
| 20 | integer GetTierByOp (integer Op) | Возвращает номер яруса, на котором находится оператор Op | Номер оператора Op | Номер яруса (*ENMT), при несуществующем Op возвращается ERR_COMMON |

2. Акционные функции позволяют **ИССЛЕДОВАТЕЛЮ** совершать эквивалентные преобразования представления информационного графа алгоритма:

| | | | | |
|----|---|---|---|--|
| 21 | boolean CreateTiersByEdges (string FileName) | Считывается ИГА-файл с именем FileName, организуется массив Edges[[]], на его основе с создаётся первоначальная (с "подтянутостью" операторов <i>вверх</i>) ЯПФ (массив Tiers[[]]) | Имя ИГА-файла описания информационных связей в алгоритме (*.gv-файл) | Удачно - TRUE, нет - FALSE |
| 22 | boolean CreateTiersByEdges_Bottom (string FileName) | Считывается ИГА-файл с именем FileName, организуется массив Edges[[]], на его основе с создаётся ЯПФ с "подтянутостью" операторов <i>вниз</i> | Имя ИГА-файла описания информационных связей в алгоритме (*.gv-файл) | Удачно - TRUE, нет - FALSE |
| 23 | integer AddTier (integer Tier) | Добавляет (пустой) ярус вследствие ("ниже") яруса Tier (кроме яруса 0) | Номер яруса Tier | (*ENME) |
| 24 | integer DelTier (integer Tier) | Уничтожает (пустой) ярус Tier | Номер яруса Tier | (*ENMH) |
| 25 | integer MoveOpTierToTier (integer Op, integer Tier) | Перенос оператора Op на ярус Tier с учётом эквивалентности (сохранения информационных связей в ИГА) преобразований (*4) | Номер оператора Op, номер яруса Tier | При удаче возвращается 1, при неудаче <0 (*ENMT) |
| 26 | integer SwapOpsTierToTier (integer Op1, integer Op2) | Обмен (находящихся на <i>разных</i> ярусах) операторов Op1 и Op2 с учётом эквивалентности (сохранения информационных связей в ИГА) преобразований (*4) | Номера операторов Op1 и Op2 | При удаче возвращается 1, при неудаче <0 (*ENMT) |

3. Функции работы с гетерогенным полем параллельных вычислителей (*7)

3.1. Функции, относящиеся к параметрам ОПЕРАТОРОВ (эти параметры сравниваются с параметрами ВЫЧИСЛИТЕЛЕЙ для определения возможности выполнения данного оператора на поле параллельных вычислителей)

| | | | | |
|----|---|--|------------------------------------|--|
| 27 | boolean LoadFileNameParamsOps (string FileName) | Задаёт и загружает файл FileName параметров ОПЕРАТОРОВ (если такой файл открыть не удалось, предпринимается попытка открыть файл по умолчанию OPERATORS.OPS) | Имя файла параметров ОПЕРАТОРОВ | Возвращает TRUE при удаче и FALSE при ошибке; в последнем случае также |
|----|---|--|------------------------------------|--|

| | | | | |
|----|---|---|---|--|
| | | | | выдаёт предупреждение в текстовом окне вывода |
| 28 | string GetParamsByOp (integer Op) | Возвращает полную строку параметров ОПЕРАТОРА Op | Номер ОПЕРАТОРА Op | Поиск осуществляется среди начинающихся с '=n1/n2:' подстрок, далее среди '=Def:' (учитывается только первое вхождение), при отсутствии возвращается пустая строка |
| 29 | integer GetCountParamsByOp (integer Op) | Возвращает число параметров ОПЕРАТОРА Op | Номер ОПЕРАТОРА Op | -. -. |
| 30 | string GetNumbParamByOp (integer Numb, integer Op) | Возвращает подстроку номер Numb списка параметров ОПЕРАТОРА Op | Номер подстроки Numb (от 1 до GetCountParamsByOp), номер оператора Op | -. -. |
| 31 | string GetNameNumbParamByOp (integer Numb, integer Op) | Возвращает имя параметра номер Numb списка параметров ОПЕРАТОРА Op | Номер подстроки Numb, номер ОПЕРАТОРА Op | -. -. |
| 32 | number GetValNumbParamByOp (integer Numb, integer Op) | Возвращает значение (вещественное) параметра номер Numb параметров ОПЕРАТОРА Op | Номер подстроки Numb, номер ОПЕРАТОРА Op | -. -. |

3.1. Функции, относящиеся к параметрам ВЫЧИСЛИТЕЛЕЙ (эти параметры сравниваются с параметрами ОПЕРАТОРОВ для определения возможности выполнения на данном вычислителе определённых операторов)

| | | | | |
|----|---|--|-----------------------------------|--|
| 33 | boolean LoadFileNameParamsCalcs (string FileName) | Задаёт и загружает файл FileName параметров ВЫЧИСЛИТЕЛЕЙ (если такой файл открыть не удалось, предпринимается попытка открыть файл по умолчанию CALCULATORS.CLS) | Имя файла параметров ВЫЧИСЛИТЕЛЕЙ | Возвращает TRUE при удаче и FALSE при ошибке; в последнем случае также выдаёт предупреждение в текстовом окне вывода |
|----|---|--|-----------------------------------|--|

| | | | | |
|----|---|---|---|--|
| 34 | string GetParamsByCalc (integer Calc) | Возвращает полную строку параметров ВЫЧИСЛИТЕЛЯ номер Calc | Номер ВЫЧИСЛИТЕЛЯ Calc | Поиск осуществляется среди начинающихся с '=n1/n2:' подстрок, далее среди '=Def:' (учитывается только первое вхождение), при отсутствии возвращается пустая строка |
| 35 | integer GetCountParamsByCalc (integer Calc) | Возвращает число параметров ВЫЧИСЛИТЕЛЯ Calc | Номер ВЫЧИСЛИТЕЛЯ Calc | -. -. - |
| 36 | string GetNumbParamByCalc (integer Numb, integer Calc) | Возвращает подстроку номер Numb параметров ВЫЧИСЛИТЕЛЯ Calc | Номер подстроки Numb (от 1 до GetCountParamsByCalc), номер ВЫЧИСЛИТЕЛЯ Calc | -. -. - |
| 37 | string GetNameNumbParamByCalc (integer Numb, integer Calc) | Возвращает имя параметра номер Numb параметров вычислителя Calc | Номер подстроки Numb, номер ВЫЧИСЛИТЕЛЯ Calc | -. -. - |
| 38 | number GetMinValNumbParamByCalc (integer Numb, integer Calc) | Возвращает минимум (вещественное) диапазона значений параметра номер Numb параметров ВЫЧИСЛИТЕЛЯ Calc | Номер подстроки Numb, номер ВЫЧИСЛИТЕЛЯ Calc | -. -. - |
| 39 | number GetMaxValNumbParamByCalc (integer Numb, integer Calc) | Возвращает максимум (вещественное) диапазона значений параметра номер Numb параметров ВЫЧИСЛИТЕЛЯ Calc | Номер подстроки Numb, номер ВЫЧИСЛИТЕЛЯ Calc | -. -. - |
| 40 | integer GetCountCalcs() | Возвращает общее число вычислителей | | Возвращает 0, если не загружен файл параметров вычислителей |
| 41 | integer CanExecOpCalc (integer Op, integer Calc) | При возможности выполнения оператора Op на вычислителе Calc возвращается число подтверждённых сравнений | Номер ОПЕРАТОРА Op, номер ВЫЧИСЛИТЕЛЯ Calc | Подробности см. в (*8) |

4. Функции работы с метриками ДУГ и ВЕРШИН (операторов) (*8)

| | | | | |
|----|--|--|--|--|
| 42 | boolean LoadFileNameParamsEdges (string FileName) | Задаёт и загружает файл FileName метрик ДУГ графа (если такой файл открыть не удалось, предпринимается попытка открыть файл по умолчанию EDGES.MED) | Имя файла метрик ДУГ | Возвращает TRUE при удаче и FALSE при ошибке; в последнем случае также выдаёт предупреждение в текстовом окне вывода |
| 43 | boolean LoadFileNameParamsVertices (string FileName) | Задаёт и загружает файл FileName метрик ВЕРШИН графа (ОПЕРАТОРОВ); (если такой файл открыть не удалось, предпринимается попытка открыть файл по умолчанию VERTICES.MVR) | Имя файла метрик ВЕРШИН | Возвращает TRUE при удаче и FALSE при ошибке; в последнем случае также выдаёт предупреждение в текстовом окне вывода |
| 44 | number GetMetricOpByName (integer Op, string Name) | Возвращает значение метрики с именем Name вершины (оператора) Op , используя данные из файлов *.mvr | Номер вершины (оператора) Op , имя метрики Name | Если не найдено имя метрики Name в последовательностях номеров операторов и в последовательности =Def, то возвращается ERR_METRIC |
| 45 | number GetMetricEdgeByName (integer from_Op, Integer to_Op, string Name) | Возвращает значение метрики с именем Name дуги от вершины (оператора) from_Op до to_Op , используя данные из файлов *.med | Номера вершин (операторов) from_Op и to_Op , имя метрики Name | Если не найдено имя метрики Name в последовательностях номеров операторов и в последовательности =Def, то возвращается ERR_METRIC |

5. Целевые функции работы с ОПЕРАТОРАМИ и ВЫЧИСЛИТЕЛЯМИ

| | | | | |
|----|---|--|---|------------------------|
| 46 | integer CanExecOpCalc (integer Op, integer Calc) | При возможности выполнения ОПЕРАТОРА Op на ВЫЧИСЛИТЕЛЕ Calc возвращается (<i>положительное</i>) число подтверждённых сравнений по параметрам | Номер ОПЕРАТОРА Op , номер ВЫЧИСЛИТЕЛЯ Calc | Дополнительно см. (*8) |
| 47 | boolean PutParamsAll() | Заново считывает файлы параметров, корректирует синтаксис их содержимого и выводит в текстовый фрейм строки параметров ВЫЧИСЛИТЕЛЕЙ, ОПЕРАТОРОВ, метрик ДУГ и ВЕРШИН для | Нет | -.-.- |

| | | | | |
|----|---|--|--|---|
| | | визуального контроля (как исходный вариант, так и скорректированный) | | |
| 48 | boolean TestCanExecAllOpsCalcs (integer Rule) | На основе загруженных данных тестирует возможность выполнения <i>всех</i> ОПЕРАТОРОВ на <i>всех</i> ВЫЧИСЛИТЕЛЯХ (последнее выдаётся в списке пар N F, где N - номер ВЫЧИСЛИТЕЛЯ, F - метрика выполнения данного ОПЕРАТОРА на данном ВЫЧИСЛИТЕЛЕ). | При Rule#0 в текстовое окно выдаётся список ОПЕРАТОРОВ с ВЫЧИСЛИТЕЛЯМИ, на которых эти ОПЕРАТОРЫ могут быть выполнены; при Rule=0 список не выдаётся | При недостатке данных выдаётся предупреждение и работа подпрограммы заканчивается; дополнительно см. в (*9) |

6. Функции определения “времени жизни данных” внутри текущего ЯПФ (используются для подготовки параметров для задачи определения правил временного хранения данных (напр., при оптимизации использования регистров общего назначения или др.).

| | | | | |
|----|--|--|--------------------|--|
| 49 | integer GetOpByMaxTierLowerPreset (integer Op) | Возвращает оператор, информационно зависящий от Op и находящийся на ярусе с максимальным номером (если таких операторов несколько, возвращается последний из списка) ☛ Для получения общего числа операторов, информационно зависящих от оператора Op, используется вызов GetCountOutEdgesByOp, для перечисления этих зависимостей – GetNumbOutEdgeByOp | Номер оператора Op | Номер оператора; при отсутствии Tiers[][] возможен (*ENMT) |
| 50 | integer PutTimeLiveDataToTextFrame() | Создаёт и выводит в текстовое окно диаграмму времён жизни внутренних данных (результатов выполнения одних операторов и операндов иных операторов) для текущего ЯПФ | Нет | -. -. |
| 51 | integer DrawDiagrTLD() | Отображает (вертикальную) диаграмму числа временных данных между ярусами ЯПФ среднеарифметическое число операторов указывается алым пунктиром | Нет | (*ENMT) (*11) |
| 52 | integer SaveTileLiveData (string FileName) | Создаёт и выводит в файл FileName диаграмму времён жизни внутренних данных (результатов выполнения одних операторов и операндов иных операторов) для текущего ЯПФ (по умолчанию расширение полного имени файла TLD) | Имя файла FileName | -. -. |

7. Системные команды: диалоговые окна ввода/вывода, функции запуска внешних программ:

| | | | | |
|----|--|---|--|---|
| 53 | string InputDialog (string Caption, string Prompt, string Text) | Выводит стандартное диалоговое Windows-окно InputBox с двумя кнопками (OK и Cancel) ☛ Данный вызов возвращает <u>строку</u> , для преобразования строки в число можно использовать Lua-функцию <u>tonumber</u> , для обратного преобразования - <u>tostring</u> или <u>string.format</u> ☛ В режиме с командной строкой окно диалога не отображается и немедленно возвращается пустая строка | Caption - заголовок окна, Prompt - текст приглашения, Text - текст для ввода по умолчанию | Пользователь может редактировать текст, при нажатии кнопки OK возвращается изменённый текст, Cancel - исходный текст |
| 54 | integer MessageBox (string Caption, string Text, string Buttons, integer Pictogram) | Выводит диалоговое Windows-окно CreateMessageDialog ☛ Buttons - строка из 8 символов, причём любой символ кроме нулевого слева направо в этой строке вводит в набор кнопки Yes (6), No (7), OK (1), Cancel (2), Abort (3), Retry (4), Ignore (5) и All (8) соответственно (в скобках приведён код возврата при нажатии на данную кнопку). ☛ Pictogram задаёт символ в окне - "Подтверждение" (0), "Информация" (1), "Ошибка" (2), "Предупреждение" (3) и отсутствие символа (4) ☛ В режиме с командной строкой окно диалога не отображается и немедленно возвращается (-1) | Caption - заголовок окна, Text - информационный текст, Buttons задаёт набор кнопок, Pictogram - рисунок в окне | Возвращает код нажатой кнопки (см. ранее). При любых некорректностях в задании параметров принимается наличие кнопки Yes и символа "Подтверждение". |
| 55 | integer IWinExec (string cmdLine, int cmdShow) | ☛ Практически полный аналог системного WINDOWS-вызова WinExec. Запускает указанное строкой cmdLine приложение в режиме cmdShow (полный аналог системного вызова WinExec). ☛ IWinExec("calc.exe", 9) откроет приложение "Калькулятор" в режиме совместной (конкурентной) многозадачности ☛ IWinExec("notepad.exe history.txt", 9) в текстовом редакторе notepad откроет файл history.txt. | Значение cmdShow задаётся числом (напр., число 9 соответствует SW_RESTORE); см. документацию по системному вызову WinExec | Возвращаемое значение >32 свидетельствует об успешном выполнении, в ином случае – ошибка (пояснение кодов ошибок см. в документации по системному вызову WinExec) |
| 56 | Integer IShellExecute (string Operation, string File, string Parameters, string Directory, integer cmdShow) | ☛ Практически полный аналог системного WINDOWS-вызова ShellExecute, ☛ Напр., вызов IShellExecute("", "http://vbakanov.ru/spf@home/spf@home.htm", 0, 0, 1) в InterNet-браузере по умолчанию откроет WEB-страницу http://vbakanov.ru/spf@home/spf@home.htm описания данного проекта на WEB-сайте автора данной разработки | --- | Возвращаемое значение >32 свидетельствует об успешном выполнении, иное – ошибка (пояснение кодов ошибок см. в документации по системному вызову ShellExecute) |

| | | | |
|----|---|---|--|
| 57 | integer ICreateProcess (string cmdLine, integer RuleParent, integer Priority, integer RuleMessage) | <p>☞ Надстройка на системным WINDOWS-вызовом CreateProcess.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ При RuleParent=0 процесс-родитель ждет окончания работы потомка (при этом позволяя работать другим приложениям посредством вызовов ProcessMessages ▶ При RuleParent=1 процесс-родитель не ждёт окончания работы потомка ▶ При всех других значениях RuleParent процесс-родитель после запуска процесса-потомка завершается ▶ Priority=0/1/2/3 соответствует приоритетам запускаемого приложения REALTIME / HIGH / NORMAL / IDLE соответственно (все другие значения Priority соответствуют IDLE) ➔ При RuleMessage#0 ошибки выполнения CreateProcess выдаются в стандартных всплывающих окнах Windows ✳ Напр. вызов IShellExecute("Calc", 0, 2, 1) запускает на исполнение программу-калькулятор, при этом блокируя выполнение родительского приложения (до момента закрытия калькулятора) | Возвращает #0 при удачном запуске приложения-потомка |
|----|---|---|--|

8. Прочие функции:

| | | | | |
|----|---|--|----------------------|------------------|
| 58 | boolean AddLineToTextFrame (string str) | Добавляет строку str во текстовый фрейм (подокно) вывода текста (строка str может содержать символы '\n' перехода на новую строку); имеется укороченный вариант этой функции - OutLine | Текстовая строка str | - |
| 59 | integer PutEdgesToTextFrame() | Выводит матрицу информационных связей (дуг графа) в текстовый фрейм | Нет | (*ENMT) |
| 60 | integer PutTiersToTextFrame() | Выводит ЯПФ в текстовый фрейм | Нет | (*ENMT) |
| 61 | integer PutParamsTiers() | Выводит в главное окно приложения-клиента и в файл протокола параметры ИГА и его ЯПФ; автоматически вызывается при исполнении CreateTiersByEdges, CreateTiersByEdges_Bottom и PutTiersToTextFrame (*5) | Нет | (*ENMT) |
| 62 | boolean ClearTextFrame() | Очищает текстовый фрейм | Нет | - |
| 63 | integer DrawDiagrTiers() | Отображает (вертикальную) диаграмму числа операторов на ярусах ЯПФ, среднеарифметическое (без нулевого яруса) число операторов указывается алым пунктиром | Нет | (*ENMT) (*11) |

| | | | | |
|----|---|---|--|----------------------------|
| 64 | boolean ClearDiagrArea() | Очищает поле (вертикальной) диаграммы графической иллюстрации данных | Нет | ---- |
| 65 | boolean DelayMS (integer Sleep) | Ожидает Sleep миллисекунд (при задании отрицательного значения - секунд) | Число миллисекунд (или секунд) ожидания Sleep | - |
| 66 | boolean SoundPlay (string FileName) | Проигрывает звуковой файл FileName в синхронном режиме (останов выполнения программы на время проигрывания) | Текстовая строка FileName | - |
| 67 | integer CountMovesZeroing() | Обнуляет текущее значение счётчика числа переносов операторов между уровнями функцией MoveOpTierToTier. <i>Пользователь по аналогии может определить любое количество подобных счётчиков (глобальных для Lua), задать цену каждого приза/промаха для заданной операции с целью количественного анализа применения данной стратегии.</i> | Нет | - |
| 68 | integer GetOpsMoves() | Возвращает текущее состояние счётчика числа переносов операторов между уровнями функцией MoveOpTierToTier | Нет | Текущее состояние счётчика |
| 69 | boolean ReadEdges (string FileName) | Читает файл описания связей ИГА в массив Edges[][] (по умолчанию расширение полного имени файла GV) | Имя ИГА-файла описания информационных связей в алгоритме (*.gv-файл) | Удачно - TRUE, нет - FALSE |
| 70 | boolean SaveEdges (string FileName) | Создаёт файл описания связей ИГА из массива Edges[], существующий файл переписывается (по умолчанию расширение полного имени файла GV, создаваемый файл доступен для считывания ReadEdges) | ---- | ---- |
| 71 | boolean ReadTiers (string FileName) | Читает файл описания ЯПФ графа в массив Tiers[][] (по умолчанию расширение полного имени файла TRS) | Имя файла описания ярусов | ---- |
| 72 | boolean SaveTiers (string FileName) | Создаёт файл описания ярусов ЯПФ из массива Tiers[], существующий файл переписывается (по умолчанию расширение полного имени файла TRS, создаваемый файл доступен для считывания ReadTiers) | ---- | ---- |

| | | | | |
|----|--|--|-----------|-------------------|
| 73 | integer SaveEdgesVizu (string FileName) | Создаёт (удобочитаемый) файл описания связей ИГА из массива Edges[], существующий файл переписывается (по умолчанию расширение полного имени файла GV_VZ) | Имя файла | (*ENME) |
| 74 | integer SaveTiersVizu (string FileName) | Создаёт (удобочитаемый) файл описания ярусов ЯПФ из массива Tiers[], существующий файл переписывается (по умолчанию расширение полного имени файла TRS_VZ) | ---- | (*ENMT) |
| 75 | integer SaveInOpVizu (string FileName) | Создаёт (удобочитаемый) файл списка входных и выходных дуг для каждого оператора ИГА из массивов Edges[] и Tiers[], существующий файл переписывается (по умолчанию расширение полного имени файла INO_VZ) (*6) | ---- | (*ENME, *ENMT) |
| 74 | integer SaveParamsVizu (string FileName) | Создаёт (удобочитаемый) файл усреднённых параметров ИГА из массива Edges[] (по умолчанию расширение полного имени файла PRM_VZ) | ---- | (*ENME) |

9. Асинхронные функции:

| | | | | |
|----|---|--|--|---|
| 75 | Integer LuaCallByTimer (string CommandLine, integer d_Ticks) | Запускает на выполнение строку CommandLine (<i>функция обратного вызова</i>) текста Lua через d_Ticks “тиков” (интервалов времени, величина тика в секундах задаётся параметром Interval секции [Tick_Interval] в файле SPF_CLIENT.INI | d_Ticks должно быть ≥ 0 , CommandLine не должна быть пустой строкой | 0 – всё нормально, -1 – задано отрицательное или нулевое d_Ticks, -2 – задана пустая строка. Дополнительно см. в (*10) |
|----|---|--|--|---|

10. “Вычислительные” функции (семейство Calc...):

| | | | | |
|----|------------------------------------|--|-----|--|
| 76 | number CalcAverMeanOpsOnTiers() | Вычисляет средне-арифметическое чисел операторов по ярусам ЯПФ (без нулевого яруса) | Нет | При невозможности вычислить возвращается значение ERR_CALC |
| 77 | number CalcStdDevOpsOnTiers() | Вычисляет стандартное отклонение (несмещённое) чисел операторов по ярусам ЯПФ (без нулевого яруса) | Нет | ---- |

* (*ENME) или (*ENMT) - возможен возврат значения ERR_NOT_MASSIVE_EDGES или ERR_NOT_MASSIVE_TIERS ("не существует массива Edges[] или Tiers[] для обработки"); (*EC) - ERR_COMMON - общая ошибка (обычно "возвращаемое значение может быть некорректным").

(*2) Пример:

| В случае такого содержимого файла ИГА: | Иллюстрация функционирования <i>GetCountOpsInput()</i> , <i>GetNumbOpInput()</i> | Иллюстрация функционирования <i>GetCountOps()</i> , <i>GetNumbOp()</i> | Иллюстрация функционирования <i>GetCountOpsOutput()</i> , <i>GetNumbOpOutput()</i> | При этом ЯПФ такая: |
|---|---|--|--|--|
| 17 12 14 12 3 11 2 11 1 13 4 14 9 14 10 3 4 2 7 2 8 1 6 4 6 6 5 5 7 7 9 5 8 8 10 | for i=1,GetCountOpsInput() do AddLineToTextFrame (i.. ": ".. GetNumbOpInput(i)) end 1: 12 2: 11 3: 13 | for i=1,GetCountOps() do AddLineToTextFrame (i.. ": "..GetNumbOp(i)) end 1: 14 2: 3 3: 2 4: 1 5: 4 6: 9 7: 10 8: 7 9: 8 10: 6 11: 5 | for i=1,GetCountOpsOutput() do AddLineToTextFrame (i.. ": "..GetNumbOpOutput(i)) end 1: 9 2: 10 | 0/3: «12 «11 «13 1/4: 14 3 2 1 2/1: 4 3/1: 6 4/1: 5 5/2: 7 8 6/2: 9» 10» |

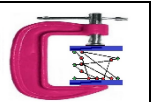
Функции *GetCountOpsInput()*, *GetCountOps()* и *GetCountOpsOutput()* возвращают правильный результат сразу после загрузки файла ИГА функцией *ReadEdges()* даже если ещё не построена ЯПФ графа (все три обновляются после постройки ЯПФ).

Функции *GetNumbOpInput()*, *GetNumbOp()* и *GetNumbOpOutput()* возвращают номера операторов в порядке просмотра файла ИГА - по столбцам слева направо и по строкам сверху вниз (как принято при чтении в Европе).

В число ярусов ЯПФ входят ярусы с 1-го по последний (номером *nTiers*), на нулевом \equiv входном ярусе свершается только объявление переменных; общее число операций (возвращается *GetCountOps*) также суть сумма операций на ярусах $[1 \div nTiers]$, нулевой \equiv входной - ярус не учитывается также. При выводе ЯПФ в текстовое окно (по F5 или Ctrl-F5 или вызовом *PutTiersToTextFrame()* входные и выходные операторы индицируются символом "двойные угловые скобки" слева или справа относительно номера оператора соответственно.

- (*3) Возврат значения ERR_COMMON функциями GetNumblnEdgeByOp() и GetNumbOutEdgeByOp() означает, что оператор Op является входным и выходным (соответственно) для данного информационного графа.
- (*4) Перенос операторов "от" и "на" нулевой=входной ярус невозможен (ибо этот ярус представляет собой лишь процедуры присваивания исходных данных переменным программы). Вызов MoveOpTierToTier(Op,Tier) проверяет значение Tier на принадлежность диапазону от GetMaxTierMaybeOp(Op) до GetMaxTierMaybeOp(Op); при выходе за эти границы MoveOpTierToTier() выполнен не будет.
- (*5) Т.к. вывод ЯПФ в текстовый фрейм посредством вызова PutTiersToTextFrame() требует определённого времени, при длительных преобразованиях ЯПФ неразумно многократно вызывать PutTiersToTextFrame(); с целью регистрации параметров ЯПФ достаточно каждый раз вызывать PutParamsTiers(). Данный вызов обновляет текст в нижней части окна текстового вывода (см. ниже) и добавляет соответствующие строки в файл протокола выполнения сценария (файл protocol!*.txt в подкаталоге Out!Data относительно текущего каталога); при PutParamsTiersOnTextFrame#0 (один из параметров файла настроек spf_client.ini) эта же информация добавляется в виде строк и в сам текстовый фрейм окна текстового вывода.

Операторов= 271, дуг= 451, ярусов= 30 ±± средн. опер./ярус= 9.033, СКО шир.ЯПФ= 4.716, CV= 0.5221 ±± операторов на ярусе/ярус (min:max)= 1/13:15/15 ±± неравном. ширины ЯПФ (по ярусам 1-30)= 15.000 ±± вариативность ЯПФ: Vo|Vt|Vot= 0.3173|16.6|5.268 ±± средняя длина дуги: 3.756 ярусов ЯПФ



Здесь (расшифровка величин):

- "средн. опер./ярус=" – среднеарифметическое число операторов по всем ярусам (\bar{W}) ;
- "СКО шир.ЯПФ=" – среднеквадратичное отклонение числа операторов по ярусам ($\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (W_i - \bar{W})^2}$), где N – число ярусов ЯПФ;
- "CV=" – коэффициент вариации числа операторов по ярусам ($CV = \sigma / \bar{W}$) ;
- "операторов на ярусе/ярус (min:max)=" – минимальное число операторов по всем ярусам/номер яруса, где этот минимум достигается и то же для максимального числа операторов;
- "неравном. ширины ЯПФ (по ярусам 1-N)=" – отношение j_{\max}/j_{\min} , где j_{\max} и j_{\min} – максимальное и минимальное число операторов среди всех ярусов ЯПФ ;
- "вариативность ЯПФ: Vo|Vt|Vot=" – где $Vo = \sum \frac{O_i}{O}$; $Vt = \frac{1}{N} \sum (T_i^{\max} - T_i^{\min})$, $Vot = Vo \times Vt$, O_i - число обладающих вариативностью операторов, O - общее число операторов, T_i^{\max} и T_i^{\min} - максимальный и минимальный номера ярусов данной ЯПФ, на которых может располагаться i -тый оператор (фактически диапазон возможного их расположения), N – общее число операторов. Vo учитывает вклад числа операторов со свойством вариативности, Vt - величину собственно вариативности, оба они дают ноль при отсутствии вариативности и монотонно возрастают с её увеличением, Vot - суперпозиция предыдущих параметров в форме их произведения ;
- "средняя длина дуги: XXX ярусов ЯПФ" – среднеарифметическая длина дуг в единицах ярусов ЯПФ.

(*6) Выполнение `SaveInOutOpVizu()` возможно только после создания ЯПФ (массива `Tiers[][]`).

(*7) Эти функции используют информацию из файлов `XXX.OPS` и `XXX.CLS` (`OPS`, `CLS` являются *рекомендуемыми* расширениями файлов, `XXX` - обычно имя проекта, при отсутствии таких файлов используются имена файлов по умолчанию `OPERATORS.OPS` и `CALCULATORS.CLS`).

Файлы типов `OPS` и `CLS` используются всегда вместе и служат для определения, на каких **ВЫЧИСЛИТЕЛЯХ** (`Calcs`) может быть выполнен данный ОПЕРАТОР (`Ops`) в случае гетерогенного поля параллельных вычислителей.

Формат файлов `*.OPS` параметров ОПЕРАТОРОВ (*Operators*) следующий (допускаются переносы со строки на строку и др.):

`^=n1/n2: ^-nameParameter1^Val1^-nameParameter2^Val2^ ...` ; комментарий до конца строки

где:

| | |
|-----------------------------|---|
| <code>n1,n2</code> | - диапазон ("от/до" включительно) номеров ОПЕРАТОРОВ, для которых задаются далее следующие параметры (<code>n1,n2</code> - целые числа, символы равенства, прямого слэша и двоеточия обязательны); |
| <code>nameParameter1</code> | - имя параметра - начинается с символа дефис, первый символ после дефиса обязательно буква на латинице, далее любые символы (кроме пробела), имя параметра регистрозависимо; после <code>=n1/n2:</code> должен следовать хотя бы один параметр; |
| <code>Val1</code> | - значение данного параметра (интерпретируется как <i>вещественное</i> , разделитель целой и дробной частей - точка); |
| <code>^</code> | - один или сколько угодно пробелов. |

Формат файлов `*.CLS` параметров то же для **ВЫЧИСЛИТЕЛЕЙ** (*Calculators*):

`^=n1/n2: ^-nameParameter1^minVal1^maxVal1^-nameParameter2^minVal2^maxVal2^ ...` ; комментарий до конца строки

где:

| | |
|---------------------|---|
| <code>n1, n2</code> | - диапазон ("от/до" включительно) номеров ВЫЧИСЛИТЕЛЕЙ , для которых задаются далее следующие параметры (<code>n1,n2</code> - целые числа, символы равенства, прямого слэша и двоеточия обязательны); |
|---------------------|---|

| | |
|-------------------|--|
| nameParameter1 | - имя параметра - начинается с символа дефис, первый символ после дефиса обязательно буква на латинице, далее любые символы (кроме пробела), имя параметра регистрозависимо; после =n1/n2: должен следовать хотя бы один параметр; |
| minVal1 и maxVal1 | - минимум и максимум значений данного параметра (интерпретируется как <i>вещественные</i> , разделитель целой и дробной частей - точка); |
| ^ | - один или сколько угодно пробелов. |

(*8) Эти функции используют информацию из файлов XXX.MVR и XXX.MED (MVR, MED являются *рекомендуемыми* расширениями файлов, XXX - обычно имя проекта, при отсутствии таких файлов используются имена файлов по умолчанию VERTICES.MVR и EDGES.MED).

Формат файлов *.MVR параметров метрик ВЕРШИН (mvr) определяет значения метрик для заданного диапазона номеров вершин графа (в нашем случае вершины ассоциируются с ОПЕРАТОРАМИ):

\wedge =n1/n2: ^-nameMetric1 ^Val1 ^-nameMetric^Val2^ ... ; комментарий до конца строки

где:

| | |
|-------------|--|
| n1,n2 | - диапазон ("от/до" включительно) номеров ОПЕРАТОРОВ, для которых задаются далее следующие параметры (n1,n2 - целые числа, символы равенства, прямого слэша и двоеточия обязательны); |
| nameMetric1 | - имя метрики - начинается с символа дефис, первый символ после дефиса обязательно буква на латинице, далее любые символы (кроме пробела), имя параметра регистрозависимо; после =n1/n2: должен следовать хотя бы один параметр; |
| Val1 | - значение данной метрики (интерпретируется как <i>вещественное</i> , разделитель целой и дробной частей - точка); |
| ^ | - один или сколько угодно пробелов. |

Формат файлов *.MED параметров метрик ДУГ (edg) определяет значения метрик для заданного диапазона дуг (каждая дуга задаётся номерами двух вершин):

\wedge =n1/n2|m1/m2: ^-nameMetric1 ^Val1 ^-nameMetric2 ^Val2^ ... ; комментарий до конца строки

где:

| | |
|-------------|--|
| n1,n2 | - диапазон ("от/до" включительно) номеров ОПЕРАТОРОВ, для которых дуга является исходящей; n1,n2 - целые числа; |
| m1,m2 | - диапазон ("от/до" включительно) номеров ОПЕРАТОРОВ, для которых дуга является входящей; m1,m2 - целые числа, символы равенства, прямого слэша и двоеточия обязательны; |
| nameMetric1 | - имя метрики - начинается с символа дефис, первый символ после дефиса обязательно буква на латинице, далее любые символы (кроме пробела), имя параметра регистрозависимо; после =n1/n2 m1/m2: должен следовать хотя бы один параметр; |
| Val1 | - значение данной метрики (интерпретируется как <i>вещественное</i> , разделитель целой и дробной частей - точка); |
| ^ | - один или сколько угодно пробелов. |

Для проверки корректности задания параметров служит вызов `PutParamsAll()`, выводящий в текстовый фрейм ИСХОДНЫЕ и ОТКОРРЕКТИРОВАННЫЕ (синтаксически неверные подстроки удаляются) строки параметров ВЫЧИСЛИТЕЛЕЙ, ОПЕРАТОРОВ и СООБЩЕНИЙ (эти строки заключены в вертикальные черты). Если строка пустая (символ ||), то параметры не загружались или файлы параметров пустые.

Напр., запомнить в переменной `M` значение метрики с именем `Times` вершины (оператора) `N` можно с помощью вызова `M=GetMetricOpByName(N, "Times")`. Следует помнить, что при поиске всегда возвращается значение, соответствующее *первому вхождению* заданного номера вершины (оператора) и имени метрики в файле; в противном случае возвращается `ERR_METRIC`. Например, при нижеприведённом содержимом *.mvr-файла вызов `GetMetricOpByName(100, "Times")` вернёт `ERR_METRIC` (а не 100, как казалось бы); таким же образом функционируют вызовы `GetMetricEdgeByName` (обрабатывает файлы *.med), `CanExecOpCalc`, `PutParamsAll`, `TestCanExecAllOpsCalcs` (обрабатывают файлы *.ops и *.cls).

```
=1/200: -Time 12.221 -Time1 13.3
=Def: -Time 12.331 -Time1 13.33
=100/100: -Times 0
```

Исходя из сказанного, удобной конструкцией может быть такая:

```
projectName = "e313_o206_t32" – зададим имя проекта
--
```

```

LoadFileNameParamsCalcs( projectName .. ".cls" ) -- или LoadFileNameParamsCalcs( projectName )
LoadFileNameParamsOps( projectName .. ".ops" ) -- или LoadFileNameParamsOps( projectName )
LoadFileNameParamsVertices( projectName .. ".mvr" ) -- или LoadFileNameParamsVertices( projectName )
LoadFileNameParamsEdges( projectName .. ".med" ) -- или LoadFileNameParamsEdges( projectName )
--
--
ReadEdges( projectName .. ".gv" ) -- или ReadEdges( projectName )

```

Общее число ВЫЧИСЛИТЕЛЕЙ от 1 до $\max(n1, n2)$ по всем диапазонам (определяется вызовом `GetCountCalcs()`); вариантом является описание $=n1/n2$: с последующим (заведомо уникальным) именем параметра ВЫЧИСЛИТЕЛЯ (ВЫЧИСЛИТЕЛЕЙ), не совпадающим ни с одним из параметров ОПЕРАТОРОВ.

В случае перекрытия имён параметров в разных строках в расчёт принимается *первое вхождение* (в порядке чтения CLS, OPS, MVR и MED-файлов. Для просмотра (вывода в текстовое окно) параметров всех операторов можно использовать такую конструкцию:

```

for i=1,GetCountOps() do -- по общему числу операторов
  Op = GetNumbOp( i ) -- номер ("имя") оператора
  AddLineToTextFrame ( "#Op= "..Op.." ; "..GetParamsByOp(Op) )
end -- конец цикла по операторам

```

То самое для вычислителей:

```

for Calc=1,GetCountCalcs() do -- по номерам вычислителей
  AddLineToTextFrame ( "#Calc= "..Calc.." ; "..GetParamsByCalc(Calc))
end -- конец цикла по вычислителям

```

(*8) При проверке возможности выполнения данного ОПЕРАТОРА `Op` на заданном ВЫЧИСЛИТЕЛЕ `Calc` с помощью вызова `CanExecOpCalc(Op,Calc)` ОПЕРАТОР фактически является *клиентом*, который запрашивает возможность обслуживания (выполнение) у *сервера* (ВЫЧИСЛИТЕЛЯ). В соответствии с этим условие выполнимости заключается в удовлетворении всех запросов *клиента* `Op` данным *сервером* `Calc` (фактически список параметров ОПЕРАТОРА связан логикой "И"). Если численное значение n каждого из запросов *клиента* попадает в диапазон (включая границы) $n1$ - $n2$ численных значений *сервера* (с тем же именем параметра, естественно), вызов `CanExecOpCalc(Op,Calc)` возвращает число больше нуля (число удовлетворяющих условию выбора параметров - оно равно, конечно, `GetCountParamsByOp(Op)` для данного ОПЕРАТОРА); в противном случае возвращается (для информации) значение меньше нуля, равное числу совпадений (оно по модулю меньше `GetCountParamsByOp(Op)`).

Если строка параметров ОПЕРАТОРА `Op` пустая - он может выполняться на любом ВЫЧИСЛИТЕЛЕ; если строка параметров ВЫЧИСЛИТЕЛЯ `Calc` пустая - на нём не может выполняться ни один ОПЕРАТОР.

Нижеприведён фрагмент Lua-кода для проверки выполнимости *всех* ОПЕРАТОРОВ на *всех* ВЫЧИСЛИТЕЛЯХ (вызов `PutParamsAll()` даст большую информацию):

```

for Calc=1,GetCountCalcs() do -- по общему числу вычислителей
for iOp=1,GetCountOps() do -- по общему числу операторов
  Op = GetNumbOp( iOp ) -- номер ("имя") конкретного оператора
  AddLineToTextFrame (string.format("#Op=%d #Calc=%d |%s|%s| !%d!", -- результат сравнения в поле !x!
                                Op,Calc,GetParamsByOp(Op),GetParamsByCalc(Calc),CanExecOpCalc(Op,Calc)))
end -- конец по операторам
end -- конец по вычислителям

```

(*9) Весьма практически-полезный сервис предоставляет API-функция `TestCanExecAllOpsCalcs`, которая при нулевом значении параметра возвращает TRUE, если каждый ОПЕРАТОР может быть выполнен хотя бы на одном ВЫЧИСЛИТЕЛЕ и FALSE, ежели хоть один ОПЕРАТОР не может быть выполнен ни на одном ВЫЧИСЛИТЕЛЕ. При ненулевом входном параметре выдаётся (для каждого ОПЕРАТОРА) список ВЫЧИСЛИТЕЛЕЙ, на которых данный ОПЕРАТОР может быть выполнен. В (проблемном) случае возврата FALSE полезно вызвать также `PutParamsAll()` для понимания проблемы. В общем случае практично использовать такой Lua-шаблон:

```

if( not TestCanExecAllOpsCalcs(0) ) then -- имеются проблемы с выполнимостью части ОПЕРАТОРОВ..!
  AddLineToTextFrame( "\nВнимание! Проблемы с выполнимостью ОПЕРАТОРОВ на ВЫЧИСЛИТЕЛЯХ..\n" ) -- предупреждение в текстовом фрейме
  TestCanExecAllOpsCalcs(1) -- выдать полную информацию о выполнимости ОПЕРАТОРОВ на ВЫЧИСЛИТЕЛЯХ
  PutParamsAll() -- распечатать строки параметров для проверки корректности их (строк параметров) определения
  return -- или end etc с целью прекращения дальнейшего выполнения Lua-программы для избежания критических ошибок
end

```

(*10) `LuaCallByTimer` реализуется вызовом нового состояния Lua, прикреплённого к основному Lua-состоянию (не является отдельным потоком операционной системы и не может физически выполняться одновременно с другими). Примером вызова может служить вызов `LuaCallByTimer("Fun(100)",10)` в тексте Lua-программы, при этом должна быть описана Lua-функция (*функция обратного вызова*) `Fun(i)`, которая и вызовется чрез 10 тиков (формально строка `CommandLine` может содержать любую корректную последовательность команд Lua):

```

function Fun( i )
  print("-- Вызвана функция Fun(" .. i .. ") --")
  OutLine("\n-- Lua: Вызвана функция Fun(" .. i .. ") ")
end

```

Т.к. реальной многозадачности не имеется (она лишь *имитируется*), излишне большое число таким образом вызываемых функций может привести к нестабильности работы системы SPF@home. С целью недопущения этого рекомендуется минимизировать время выполнения функции обратного вызова и увеличение значения *Interval*.

(*11) При выполнении вызова `DrawDiagTiers()` над собственно полем графика выдаётся строка вида $H|N/W=n1|n2/n3$, где $n1$ – высота (без нулевого - входного - яруса) ЯПФ, $n2$ – ярус ЯПФ с максимумом (первым встреченным сверху вниз) числа операторов на нём, $n3$ – собственно это максимум числа операторов по ЯПФ; при выполнении вызова `DrawDiagTLD()` выдаётся строка вида $H|N/W=n1|n2/n3-n4$, где $n1$ – общее число промежутков (включая нулевой) между ярусами ЯПФ, $n2$ – максимальное по всем промежуткам число временно хранимых данных, $n3-n4$ – диапазон ярусов, между которыми этот максимум достигается (последний из встреченных сверху вниз).

“Ручной” вариант выполнения основных функций системы SPF@home.

Некоторые (базовые) действия в системе SPF@home могут быть выполнены “вручную” (без выполнения Lua-скриптов). В основном эта возможность применяется для уточнения исходных и промежуточных данных расчёта.

Нажатие клавиши F4 позволяет выбрать файл ИГА, запомнить его в массиве `Edges[][]` и вывести в текстовое окно (данное действие фактически равноценно оследовательности вызовов `ReadEdges()` и `PutEdgesToTextFrame()`, при этом ЯПФ не создаётся). Здесь первое число – номер дуги, далее следуют разделённые символами “->” два числа, определяющие направленную дугу (пример вывода ИГА-файла `squa_equ_2.gv` приведён ниже):

```
-- Дуг ИГА = 21 --  
#1: 100 -> 109  
#2: 100 -> 110  
#3: 101 -> 104  
#4: 102 -> 107  
#5: 102 -> 108  
#6: 103 -> 105  
#7: 104 -> 105  
#8: 105 -> 106  
#9: 106 -> 107  
#10: 106 -> 108  
#11: 107 -> 109  
#12: 108 -> 110  
#13: 111 -> 100  
#14: 111 -> 101
```

```
#15: 112 -> 102
#16: 112 -> 103
#17: 113 -> 104
#18: 114 -> 100
#19: 114 -> 103
#20: 115 -> 101
#21: 116 -> 102
```

ЯПФ графа в “верхней” канонической форме строится на основе прочитанного ИГА-файла и выводится в текстовое окно после нажатия клавиши F5 в следующей форме (реализуется последовательностью вызовов `ReadEdges()`, `CreateTiersByEdges()`, `ClearDiagrTiers()`, `DrawDiagrTiers()`, `PutTiersToTextFrame()`):

```
-- Ярусов ЯПФ = 6 --
0|6: «111 «112 «113 «114 «115 «116
1|4: 100 101 102 103
2|1: 104
3|1: 105
4|1: 106
5|2: 107 108
6|2: 109» 110»
```

Здесь каждая строка соответствует ярусу ЯПФ; строка начинается символами вида N|M (где N – номер яруса, M – число операторов на нём, далее следует список принадлежащих ярусу операторов, причём входные данные предваряются символом ‘«’, а выходные завершаются символом ‘»’).

При нажатии `Ctrl+F5` выдаётся ЯПФ в “нижней” форме (вместо `CreateTiersByEdges()` вызывается `CreateTiersByEdges_Bottom()`); в обоих случаях отрисовывается ленточный график ширин ЯПФ и в нижней части окна текстового вывода распечатываются параметры построенной ЯПФ (вызов `PutParamsTiers()`). При использовании F5 или `Ctrl+F5` содержимое массивов `Edges[][]` и `Tiers[][]` обновляется.

Вызов `PutDataLiveDiagrTotextFrame()` позволяет построить (по текущему ЯПФ) и вывести в текстовое окно т.н. “Диаграмму времени жизни данных” в программе, исполняемой в соответствие с заданным ЯПФ расписанием (для сохранения этих данных в файл служит вызов `SaveDataLiveDiagr`). При этом принимается, что данные создаются в результате выполнения конкретного оператора и должны сохраняться некоторым образом (обычно в регистрах общего назначения - РОН) до момента их использования (в качестве операндов иных операторов); в дальнейшем эти данные не нужны. Это является идеологией для постановки и решения задач по оптимизации использования РОН в практике. Форма вывода данных вызовом `PutDataLiveDiagrTotextFrame()` следующая:

```
-- Интервалов ЯПФ = 7 --
0/1|6: «111|0→1 «112|0→1 «113|0→2 «114|0→1 «115|0→1 «116|0→1
1/2|5: «113|0→2 100|1→6 101|1→2 102|1→5 103|1→3
```

2/3|4: 100|1→6 102|1→5 103|1→3 104|2→3
3/4|3: 100|1→6 102|1→5 105|3→4
4/5|3: 100|1→6 102|1→5 106|4→5
5/6|3: 100|1→6 107|5→6 108|5→6
6/\$|2: 109»|6→\$ 110»|6→\$

Здесь каждая строка представляет собой интервал между двумя ярусами ЯПФ и начинается форматом $n1/n2|m$:, где $n1$ и $n2$ – номера образующих интервал ярусов (условно “верхний” и “нижний”), m – число данных (без конкретизации размера), актуальных в этом интервале. Далее (через пробел) следует список параметров этих данных в формате $m|n1→n2$, где m – номер оператора, результатом выполнения которого является данное, $n1$ и $n2$ – номера ярусов ЯПФ, на которых это данное произведено (в виде результата выполнения оператора m) и на котором *последний раз* использовано (в качестве операнда) соответственно; после этого данное не нужно. Для определения физического размера данных (напр., в байтах) можно использовать вызов `GetMetricEdgeByName()`, возвращающий значения метрик дуг ИГА (конечно, предварительно настроив соответствующий MED-файл).

В целом вызов `PutDataLiveDiagrTotextFrame/SaveDataLiveDiagr` позволяет произвести начальную оценку параметров файла РОН, предназначенных для временного хранения данных между операциями. Более сложную работу (общая задача распределения регистров и оптимизация функционирования РОН) предлагается проводить на уровне скриптового языка системы SPF@home или сторонней программой, которая может быть вызвана в качестве процесса-потомка; здесь может быть использована информативная функция `GetOpByMaxTierLowerPreset()` или считанные данные из записанного с помощью `SaveDataLiveDiagr()` файла. При использовании вызова `SaveDataLiveDiagr()` для упрощения распознавания отдельных параметров в первой строке этого файла указывается общее число межъярусных промежутков, а символы “»” и “»” не выводятся.

Как начать писать (разрабатывать) скрипты на языке Lua?

1. Манипуляции (набивка, редактирование и др.) исходных текстов на Lua происходит в центральном фрейме главного окна клиентской части системы SPF@home. **ИССЛЕДОВАТЕЛЮ** доступны стандартные функции работы с текстом – прочитать Lua-скрипт из файла (Ctrl-O), сохранить скрипт в файл (Ctrl-S), сохранить с текущим именем (F2), передать текст скрипта в Notepad или MS Word (для анализа или дополнительного просмотра), печать текста скрипта, изменить начертание текста (параметры запоминаются в файле конфигурации), поиск/замена фрагментов текста, запуск скрипта на исполнение (F9) в виде кнопок на панели сверху этого фрейма; текущие координаты текстового курсора отображаются там же. Кроме того, доступны стандартные манипуляции по обмену данными через Clipboard посредством выбора фрагмента текста и использования клавиш Ctrl+X, Ctrl+C, Ctrl+V (уничтожить выделенный фрагмент текста, скопировать его и взять из Clipboard соответственно, Ctrl-Z отменяет последнюю выполненную команду). Дополнительные возможности предоставляются через главное меню.

2. При старте в *режиме командной строки* (КС, пакетный режим) приложение пытается загрузить указанный в командной строке файл (должен быть единственным параметром КС), интерпретируя его как файл проекта (предположительное расширение PRJ) и сразу же начинает исполнение заданного скрипта с определёнными в файле параметрами (допускается одновременное выполнение множества экземпляров программы). Корректный файл проекта состоит из 6 строк и имеет вид (пример):

GeteroCalcs_00.lua ; файл скрипта на Lua

e17_o11_t6.gv ; файл исходного ИГА
e17_o11_t6.ops ; файл параметров ОПЕРАТОРОВ
e17_o11_t6.cls ; файл параметров ВЫЧИСЛИТЕЛЕЙ
e17_o11_t6.mvr ; файл параметров (метрик) ВЕРШИН
e17_o11_t6.med ; файл параметров (метрик) ДУГ

В этом файле должны присутствовать все указанные 6 строк, после символа ';' следуют произвольные комментарии. При работе в пакетном режиме главное окно не показывается совсем (редактирование файла скрипта излишне), результат расчётов находится в файле протокола с уникальным именем.

Естественно, загрузка в тексте Lua-скрипта файла ИГА, параметров ОПЕРАТОРОВ, ВЫЧИСЛИТЕЛЕЙ, параметров (мер) ВЕРШИН и ДУГ (вызовами `ReadEdges`, `LoadFileNameParamsOps`, `LoadFileNameParamsCalcs`, `LoadFileNameParamsVertices`, `LoadFileNameParamsEdges`) приведёт к переопределению загруженных значений (в режиме командной строки эти вызовы в тексте Lua-скрипта делать не надо).

3. Для начала работы необходимо прочитать файл описания графа (по умолчанию это файл `EdgesData.gv`) или прочитать его и построить по нему первоначальную ("верхнюю") ЯПФ, для этого следует вызвать:

```
ReadEdges("EdgesData.gv") -- только прочитать файл EdgesData.gv в массив Edges[][]  
-- или --  
CreateTiersByEdges("EdgesData.gv") -- прочитать файл EdgesData.gv в массив Edges[][] и создать массив Tiers[][] по массиву Edges[][]
```

При желании контролировать возвращаемые значения (коды ошибок) можно использовать такую нотацию (выдаваемые функцией `print` на `stdout` значения появятся в нижнем левом фрейме):

```
print( ReadEdges("InputDataEdges") ) -- то же с контролем кода возврата  
print( CreateTiersByEdges("InputDataEdges") ) -- -. -.-
```

4. Далее можно прочитать (и запомнить в переменных `nOps` и `nTiers`) общее число операторов и ярусов ЯПФ вызовами:

```
nOps = GetCountOps()  
nTiers = GetCountTiers()
```

5. Полезно (с целью последующего самостоятельного анализа распределения числа операторов по ярусам ЯПФ) занести в массив `OpsOnTiers[]` число операторов на каждом ярусе:

```
OpsOnTiers = {} -- пустой Lua-массив OpsOnTiers (нумерация элементов в Lua с 1 !!! )
```



```
-- заполняем массив OpsOnTiers
nTiers = GetCountTiers() -- число ярусов
print( "nTiers=" .. nTiers )

for iTier=1, nTiers, 1 -- цикл по ярусам ЯПФ - нумерация с 1 по nTiers= GetCountTiers()
do -- начало тела цикла for iTier
  table.insert(OpsOnTiers, GetCountOpsOnTier( iTier ) ) -- число операторов на ярусе iTier
  print( "iTier=" .. iTier .. ";nOps=" .. GetCountOpsOnTier( iTier ) )
end -- конец for iTier
```

Распечатать (для проверки) значения в массиве OpsOnTiers можно так:

```
for i=1, #OpsOnTiers do -- символ # суть длина OpsOnTiers
  print( i .. "-" .. OpsOnTiers[i] )
end
```

Понятно, что два дефиса являются признаком далее следующего комментария. В этом примере также показано использование оператора (две точки с пробелами слева и справа от них) конкатенации строк.

6. Номер jOp-того (jOp=1...GetCountOpsOnTier(iTier)) по счёту слева направо оператора на ярусе iTier (iTier=1...nTier) можно получить вызовом:

```
Op = GetOpByNumbOnTier( jOp, iTier ) -- номер оператора jOp на ярусе iTier
```

Важно! Lua-массивы начинаются с индекса 1 (*единица*) !!! Так же нумеруются яруса ЯПФ - *первый* имеет индекс 1, а *последний* - индекс nTiers; на каждом ярусе iTier находится GetCountOpsOnTier(iTier) операторов, их номерá Op можно получить с помощью вызова Op=GetOpByNumbOnTier(iOp,iTier), где iOp - номер (слева направо) оператора на ярусе iTier. Номера дуг также лежат в диапазоне от 1 до nEdges.

В текстовое окно может быть выведена строковая информация любой сложности при использовании AddLineToTextFrame(str), причём в строке могут встречаться символы ‘\n’ (переход на новую строку). Доступна более короткая форма этого вызова – OutLine(str).

Все стандартные функции манипуляции с текстом доступны **ИССЛЕДОВАТЕЛЮ** и в текстовом фрейме второго окна, реализуются они через щелчок правой кнопки “мыши” и выбор из всплывающего меню (сочетания клавиш Ctrl+X, Ctrl+C и Ctrl+V не задействованы вследствие вывода текста в режиме ReadOnly).

7. Пример подпрограмм (текст подпрограмм помещается до основной программы):

```
function AllOpsDown()
-- перемещает все операторы как можно НИЖЕ по уровням ЯПФ
local iTier,iOp -- локальные переменные (действуют только внутри функции)
CountMovesZeroing() -- обнулили счётчик переносов
--
for iTier=GetCountTiers(),1,-1 do -- по ярусам снизу вверх
for iOp=GetCountOpsOnTier(iTier),1,-1 do -- по #операторов на ярусе справа налево
Op=GetOpByNumbOnTier(iOp,iTier) -- номер оператора
MoveOpTierToTier(Op,GetMaxTierMaybeOp(Op)) -- переносим Op
end -- конец цикла по iOp
end -- конец цикла по iTier
--
return GetOpsMoves() -- число переносов операторов
--
end -- конец функции AllOpsDown

=====

function AllOpsTop()
-- перемещает все операторы как можно ВЫШЕ по уровням ЯПФ
local iTier,iOp -- локальные переменные (действуют только внутри функции)
CountMovesZeroing() -- обнулили счётчик переносов
--
for iTier=1,GetCountTiers(),1 do -- по ярусам сверху вниз
for iOp=GetCountOpsOnTier(iTier),1,-1 do --по #операторов на ярусе справа налево
Op=GetOpByNumbOnTier(iOp,iTier) -- номер оператора
MoveOpTierToTier(Op,GetMinTierMaybeOp(Op)) -- переносим Op
end end -- конец цикла по iOp / конец цикла по iTier
--
return GetOpsMoves() -- число переносов операторов
--
```

end -- конец функции AllOpsTop

Приведены две функции (без входных параметров) для перемещения всех операторов в ЯПФ "как можно ниже" (функция AllOpsDown) и "как можно выше" (функция AllOpsTop), переносы производятся с учётом ненарушения информационных связей (за это отвечает вызов GetMinTierMaybeOp). Напомним, что вызов CreateTiersByEdges (так же как и нажатие F5) строят ЯПФ в "верхней форме" (все операторы расположены на ярусах, непосредственно следующих за теми ярусами, на которых определяются их операнды); т.о. применение AllOpsTop приводит ЯПФ к начальной "верхней" форме. Заметим, что операторы нулевого яруса перемещены быть не могут.

Обе функции возвращают одно значение - число переносов операторов с яруса на ярус GetOpsMoves, потребовавшееся для свершения заданного (удобно в начале функции обнулить счётчик вызовом CountMovesZeroing). Т.к. возможность переноса каждого оператора с яруса на ярус зависит от каждого свершившегося переноса, однократный проход по всем операторам может не привести к заданному результату, при этом необходимо вызывать AllOpsDown и AllOpsTop итерационно до момента возврата нулевого значения (на число итераций влияет последовательность обхода ярусов ЯПФ (сверху вниз или снизу вверх) и последовательность перебора операторов на каждом ярусе (слева направо или справа налево). Разработчик алгоритма может, напр., модифицировать тела функций AllOpsDown и AllOpsTop путём заключения их в блок repeat ... until(CountMovesZeroing==0) для достижения желаемого.

8. Следующий пример демонстрирует работу вышеописанных функций AllOpsDown и AllOpsTop в режиме вызова из управляющей программы (аналога main в C/C++):

```
--==здесь функция AllOpsDown()====
--==здесь функция AllOpsTop()====
--==начало MAIN-программы==

ReadEdges("InputDataEdges") -- читать файл описания графа
-- или --
CreateTiersByEdges("InputDataEdges") -- строим ЯПФ в "верхней" форме
ClearTextFrame() -- очищаем окно вывода текста
PutTiersToTextFrame() -- выдадим ЯПФ в текстовое окно
ClearDiagTiers() -- очистим область вывода ЯПФ в графике
DrawDiagTiers() -- выводим ЯПФ в графике
--
--==переносим все операторы "вниз" по ярусам ЯПФ==
--
for i=1,100,1 do -- цйклим по вызовам функции AllOpsDown
```

```

ClearDiagrTiers() -- очистим область вывода ЯПФ в графике
DrawDiagrTiers() -- выводим ЯПФ в графике
--
--DelayMS( -5 ) -- ждём 5 сек для просмотра графика
--
out=AllOpsDown() -- вызываем целевую функцию
--
AddLineToTextFrame(" ") -- пустая строка вывод строки в текстовое окно
AddLineToTextFrame("Цикл=" .. tonumber(i) .. " ; переносов вниз=" .. tonumber(out))
--
if out == 0 then -- если функция AllOpsDown успешно сработала...
  break -- конец программы
end -- конец if out
--
end -- конец цикла по i

AddLineToTextFrame("") -- вывод пустой строки
AddLineToTextFrame("=====") -- строка-разделитель

PutTiersToTextFrame() -- вывод ЯПФ в текстовом виде

DelayMS( -5 ) -- ждать 5 сек

--
--====переносим все операторы "вверх" по ярусам ЯПФ=====
--
for i=1,100,1 do -- цѣклим по вызовам AllOpsTop
--
PutTiersToTextFrame()
ClearDiagrTiers()
DrawDiagrTiers()
--
--DelayMS( -1 ) -- ждать 1 сек
--

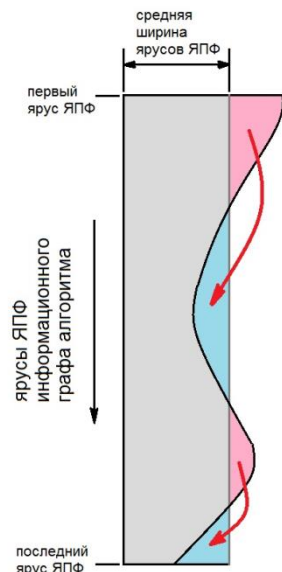
```

```
out=AllOpsTop() -- вызываем целевую функцию
--
AddLineToTextFrame(" ") -- пустая строка
AddLineToTextFrame("Цикл=" .. tonumber(i) .. " ; переносов вверх=" .. tonumber(out))
--
if out == 0 then
    break -- конец программы
end -- конец if
--
end -- конец цикла по i
--
--

print( PutTiersToTextFrame() )

-- конец основной программы
```

6. Теперь можно подумать о подходах к решению главной задачи - преобразованию ЯПФ в нужном направлении. Почти всегда "нужное направление" это:



1. Желание "сбалансировать" (добиться наиболее равной ширины всех ярусов) граф при неувеличении ярусов (сохранение общего времени выполнения алгоритма); фактически это требование максимального использования выделенных ресурсов - параллельно работающих вычислителей и/или

8. Требование выполнить алгоритм на заданном (обычно много меньшем текущей ширины ЯПФ) числе параллельных вычислителей; для этого придётся пойти на увеличение ярусов ЯПФ (увеличение времени выполнения алгоритма).

В общем случае полезно представить график распределения ширины ярусов ЯПФ в виде "холмов и впадин" (см. рис. слева). Красными стрелками при этом показано общее направление переноса операторов (стратегия "срывания холмов и заполнения впадин"). Автором реализован один из вариантов такой стратегии, однако предлагаю желающим подумать и предложить свои собственные. Одним из работающих критериев "балансировки" ЯПФ служить среднеквадратичное отклонение (или дисперсия) ширины ярусов ЯПФ.

Вспомним, что изначально ЯПФ строится в "верхней канонической" форме (имеющие возможность перемещения с яруса на ярус операторы расположена на наиболее высоком - ближайшему к первому - ярусах), поэтому в это время их можно только "опускать" (переносить в сторону последнего яруса).

Всё бы хорошо, но среди операторов обязательно встретятся такие, переносить которые на более нижние уровни невозможно (согласно их информационным связям), поэтому после первого этапа получаем довольно "ровную" ЯПФ с некоторым числом "пиков" (соответствующим ранее упомянутому "непереносимым" операторам). Т.о. складывается ситуация, когда нет иного варианта, чем увеличить число ярусов ЯПФ; это делается с использованием вызовов `AddTier` и `MoveOpTierToTier` (описание см. выше) API системы `SPF@home` (в подразделе 7.1 подробно разобран пример реализации такой стратегии).

По всей вероятности лучшие результаты можно получить при стратегии, включающей совместную (в разных последовательностях) реализацию обоих рассмотренных подходов.

9. Итак, разбираем пример реализации стратегии "сжатия" ЯПФ по ширине до заданной величины (напр., реально имеющегося или выделенного на данную задачу числа ядер процессора) при возрастании высоты ЯПФ (времени работы алгоритма).

Стратегия довольно проста - внутри цикла (длящегося, пока максимум числа операторов на всех ярусах кроме нулевого и последнего не станет менее `Width`) выбирается ярус с max числом операторов, под ним создаётся новый пустой и на него переносится *половина* операторов с данного яруса). Вызов `CountMovesZeroing()` обнуляет счётчик числа перемещений операторов с яруса на ярус, а `GetOpsMoves()` печатает общее число перемещений. После каждого цикла преобразований ЯПФ выдаётся в текстовое окно вызовом `PutTiersToTextFrame()` и отображается в графике функцией `DrawDiagTiers()`.

Данная стратегия действительно работает (можно поэкспериментировать с разными `Width`), однако неравномерность в распределении операторов по ярусам ЯПФ остаётся значительной. Можно попробовать сгладить её перед запуском этой программы, а можно и после.

Интересно поэкспериментировать с долей операторов, переносимых каждый раз на нижележащий ярус (кто гарантирует, что 50% - оптимум?)... Кстати, переносить на нижележащий уровень, наверное, надо не просто "операторы по счёту" (формально перенести можно каждый), а в соответствие с их информационными связями... а может быть, при этом заданной цели удастся достичь за меньшее число перестановок?

В общем - работайте своими мозговыми "маленькими серыми клеточками" (как любил говаривать незабвенный Эркюль Пуаро)..!