

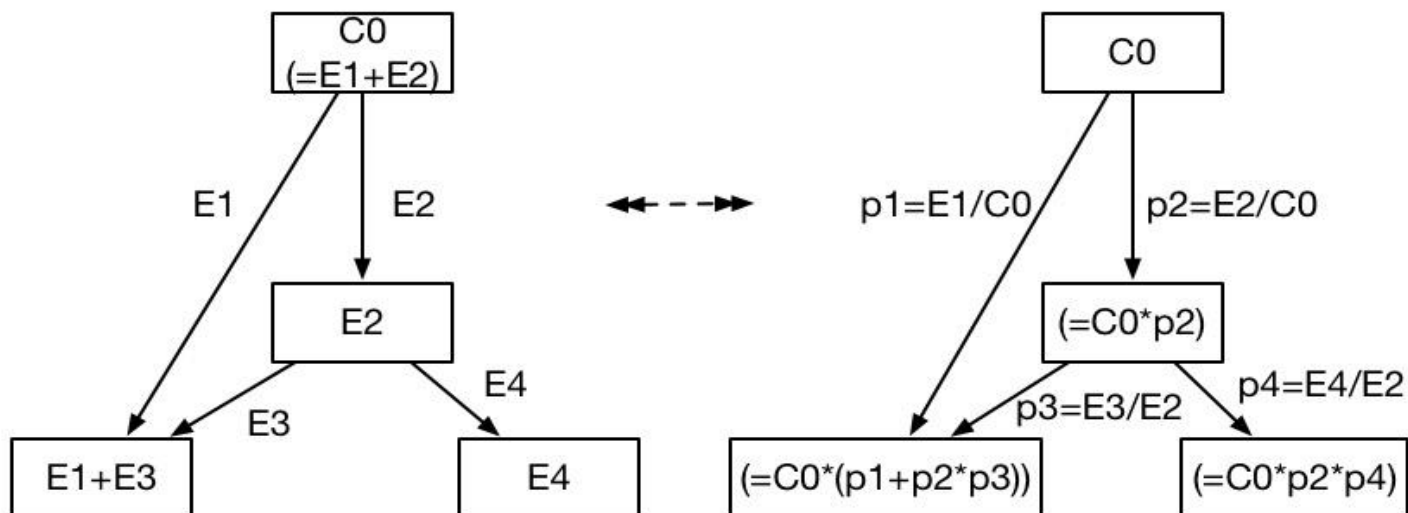
Методы коррекции профильной информации в процессе компиляции

О.А. Четверина <chetverina_o@mcst.ru >, AO "МЦСТ»

Способы представления профильной информации

- Счетчики числа исполнения узлов и дуг графа управления
- Вероятности перехода по дугам графа управления

Взаимнооднозначное соответствие с точностью до счетчика стартового узла



Дополнительные числовые характеристики, касающиеся профиля

- **заданы пользователем:** pragma среднего числа итераций для цикла, likely/unlikely для ветвления
- **вычисляемые точно сравнения** по имеющимся операциям и константам: возникают после разрезания схождений, расщеплениях циклов и т.д.
- **установлены компилятором** эвристически при дублировании участков кода - ациклических или циклов, при построении новых ветвлений
- **дополнительно собраны:** расширенная профильная информация, такая, как вероятности на определенных итерациях выйти цикла

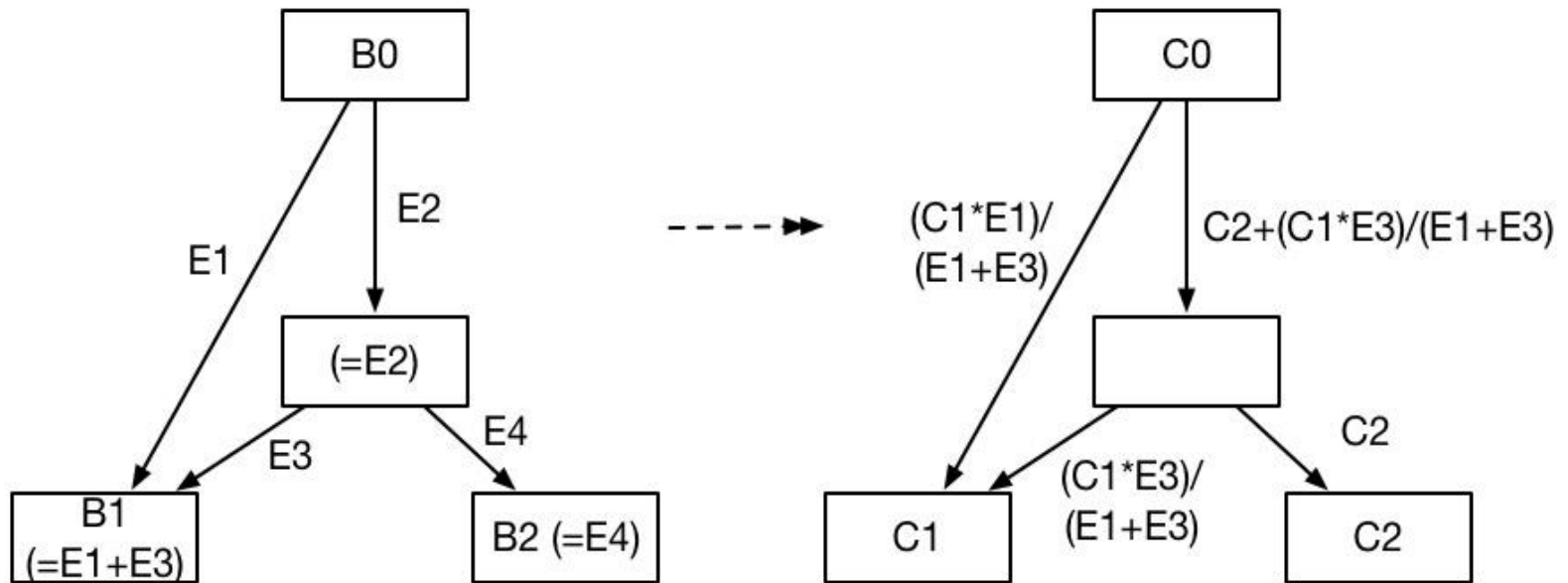
Коррекция счетчиков ациклического участка по заданному входному счетчику и счетчикам выходов

Дано : ориентированный согласованный односвязный взвешенный ациклический граф с одним доминирующим и n концевыми узлами

Необходимо получить:

1. вес доминирующего узла C_0
2. в концевых узлах N_1, N_2, \dots, N_n веса C_1, \dots, C_n , где $C_1 + C_2 + \dots + C_n = C_0$
3. минимально изменить веса графа (возможно множество решений, удовлетворяющих 1 и 2)

Идея алгоритма - распространение счетчиков снизу вверх в пропорции значений счетчиков входящих дуг в порядке обратной топологической сортировки

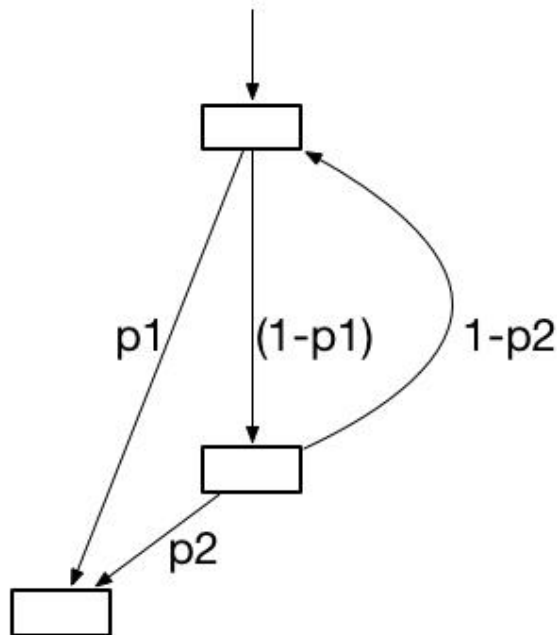


Предложенный алгоритм:

- **Сложность $O(\text{Edges})$**
- **Счетчик в доминирующем узле равен сумме счетчиков концевых узлов – следует из сохранения суммы потоков**
- **Минимизирует максимум отношений старых и новых счетчиков всех узлов рассматриваемого графа - доказывается разложением графа на сумму графов для концевых узлов**

Задача изменения числа итераций цикла

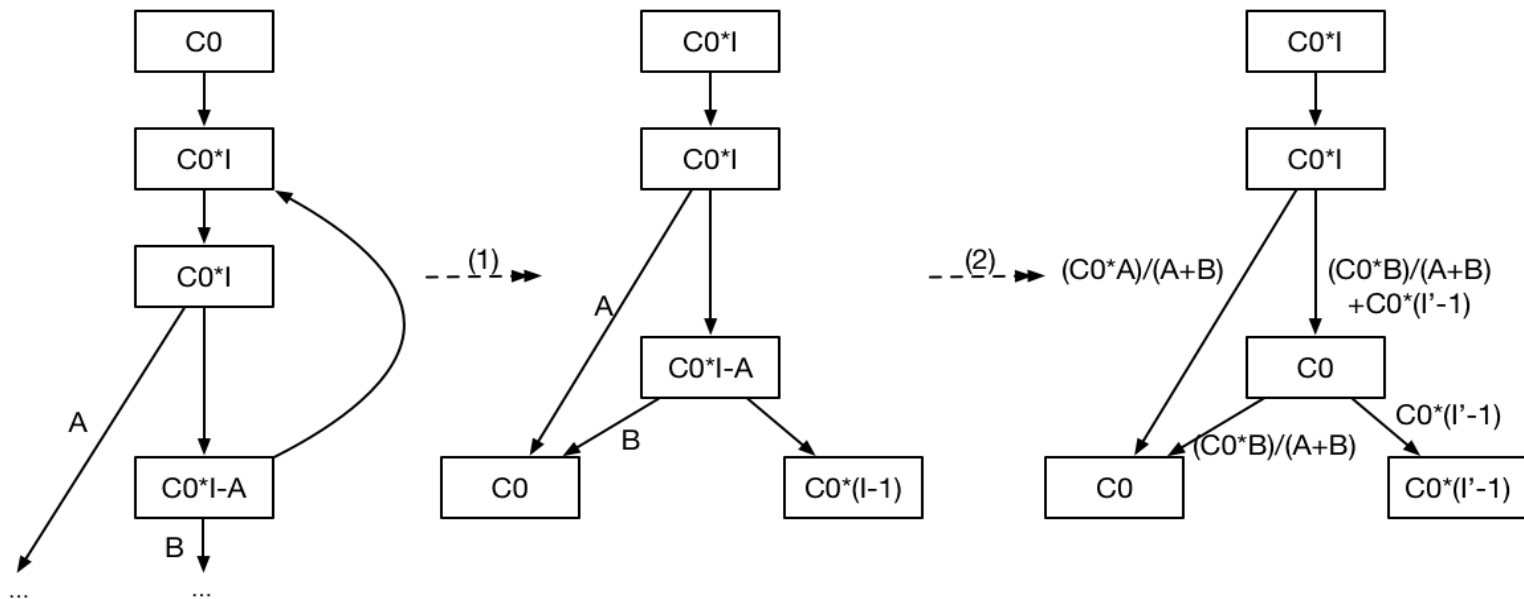
В общем случае при прямом вычислении требуемых вероятностей – нелинейная с ограничениями.



$$\left\{ \begin{array}{l} p_{break} = \frac{1}{I} \\ p_{break} = p_1 + (1 - p_1) * p_2 \\ 0 \leq p_1 \leq 1 \\ 0 \leq p_2 \leq 1 \end{array} \right.$$

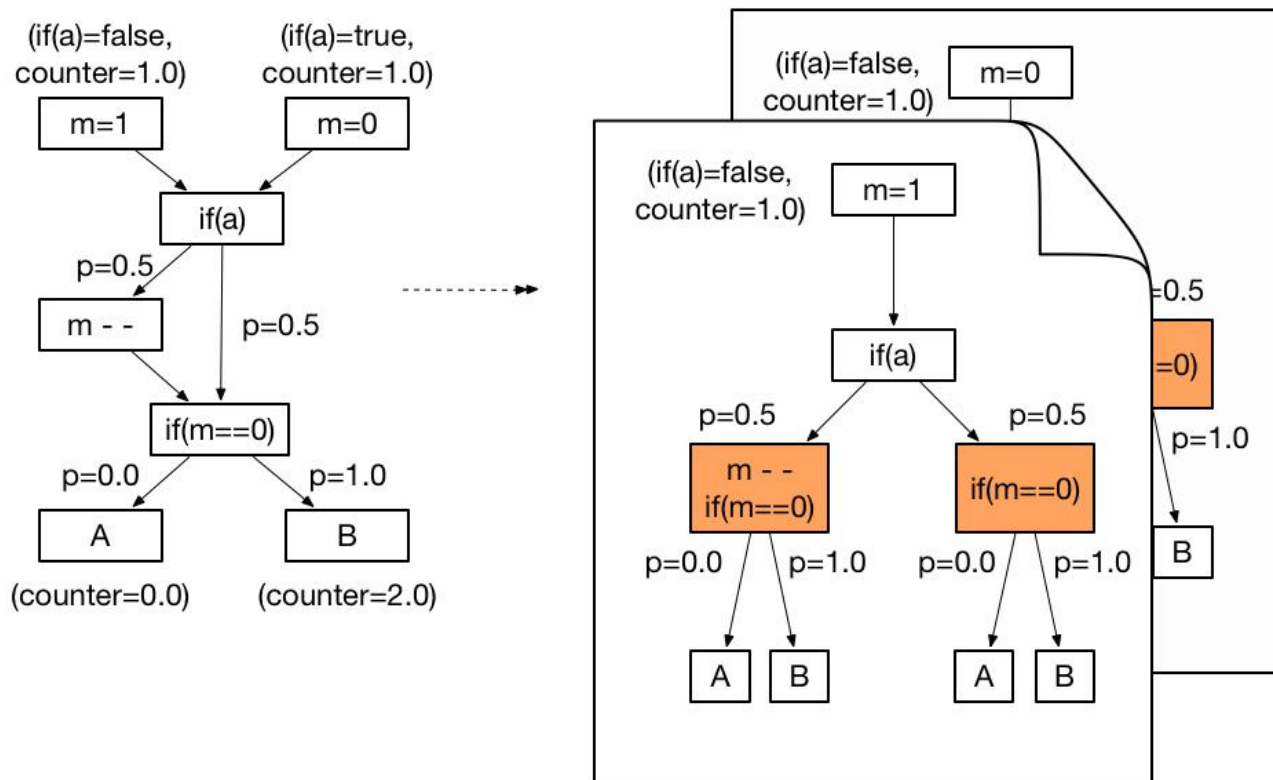
Идея алгоритма:

- 1) переход к ациклической форме цикла
- 2) применение алгоритма для ациклического участка.

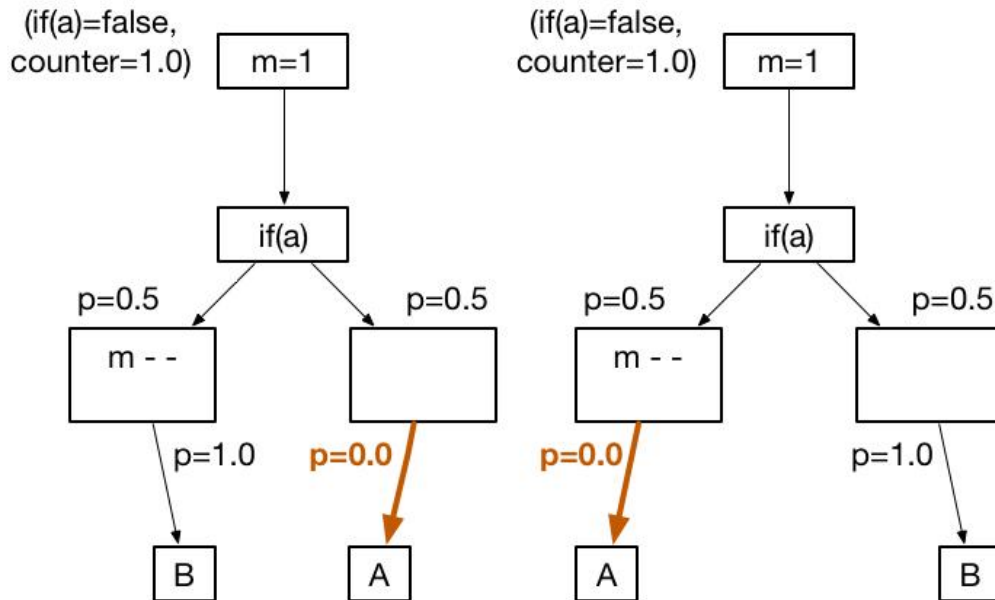


Коррекция профиля при возникновении противоречивых переходов

Пример - преобразование расщепления с образованием вычисляемых операций сравнения:



Противоречие после точного вычисления сравнения и удаления дуг

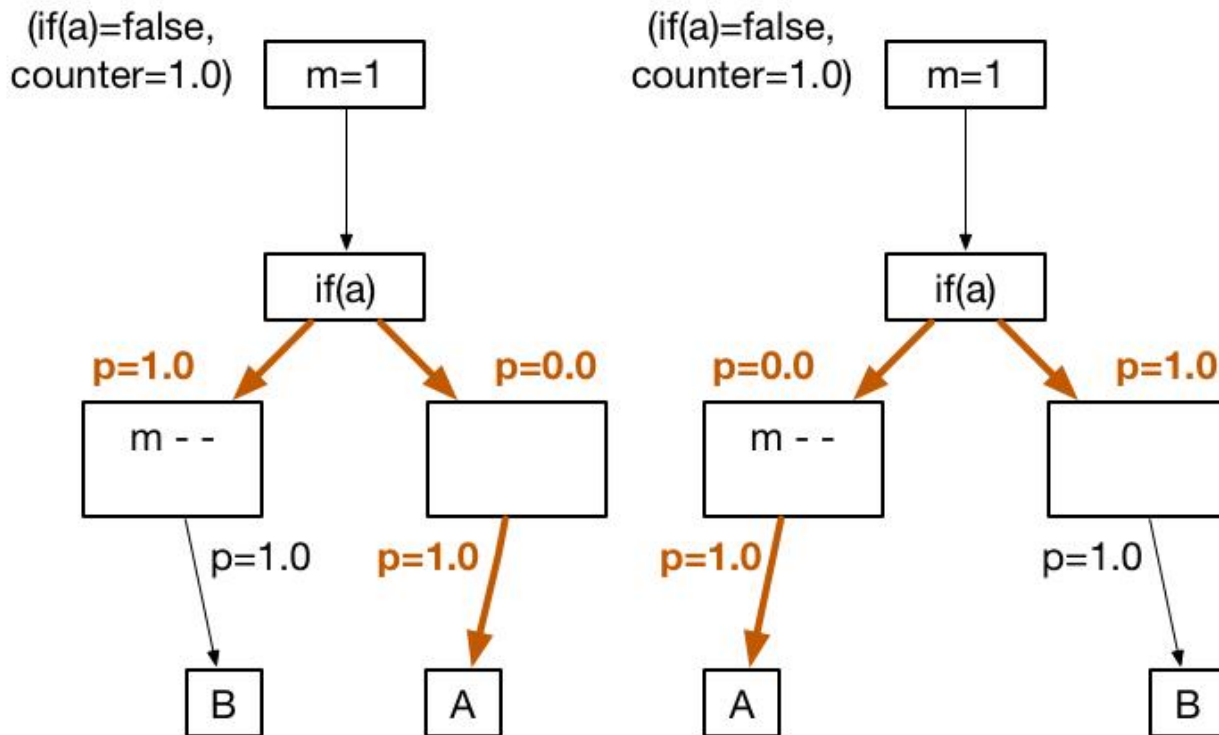


Возможные вытекающие
ошибки оптимизаций:

- *Regions/if conversion*
- *Scheduling*
- *Black hole*
- *Nesting*

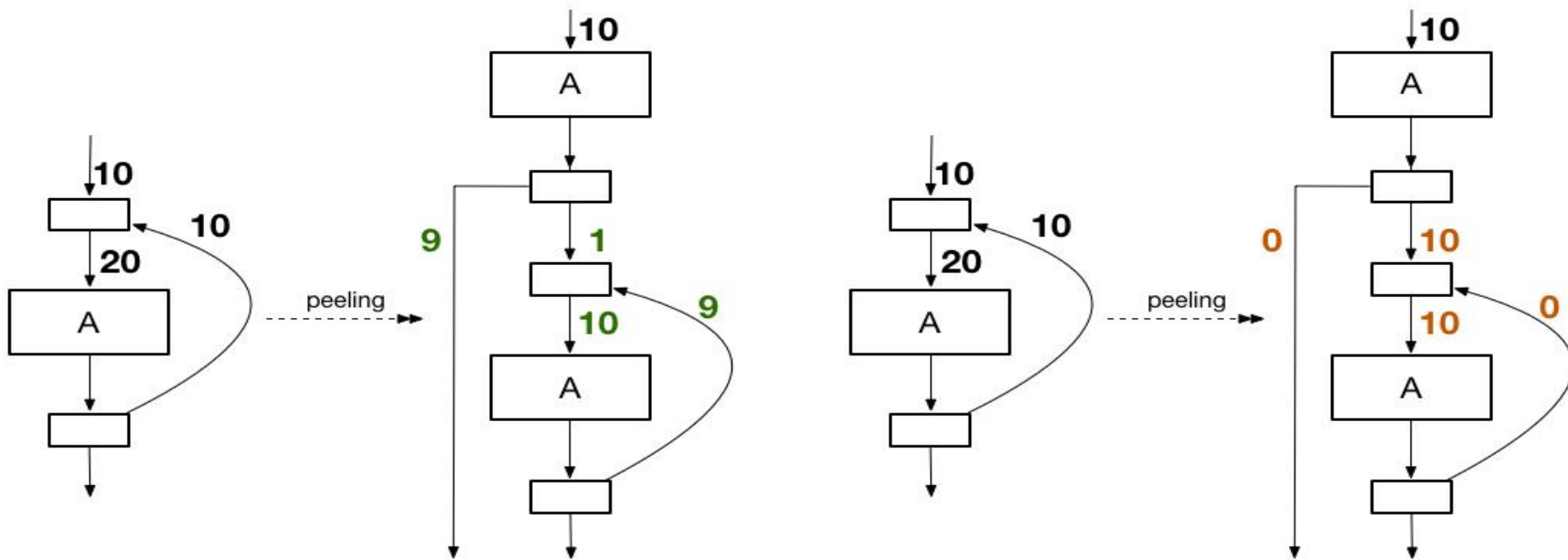
и т.д.

Необходимая коррекция профиля



Идея алгоритма - в порядке обратной топологической сортировки находятся узлы, которые постдоминирует противоречивый узел; их счетчики обнуляются и корректируются вероятности узлов с ведущими в них ненулевыми переходами.

Вычисление числа итераций цикла, коррекция профильной и тонкой профильной информации после преобразования открутки итераций цикла



Профиль и эффективный способ оптимизации результата преобразования существенно зависят от расширенной профильной информации

При наличии информации о вероятности выхода на определенной итерации $p(k)$ для K итераций, открутке m итераций, I - числе итераций исходного цикла, необходимо вычислить:

1. Точное число итераций нового цикла

$$I' = \frac{(I - \sum_{k \leq m} p(k) * k)}{(1 - \sum_{k \leq m} p(k))} - m$$

2. Счетчики открученных итераций

3. Тонкую профильную информацию нового цикла:

$$\underline{k \leq K-m}: \quad p'(k) = p(k + m) / (1 - P1),$$

$$P1 = \sum_{k \leq K} p(k)$$

$$\underline{K-m < k \leq K}: \quad p'(k) = P2' * T^l * e^{-T} / l!,$$

$$P2' = 1 - \sum_{k \leq K-m} p'(k),$$

$$T = \frac{(I - \sum p'(k) * k)}{P2'} - K - m, \quad l = k - (K - m)$$

Заключение

Представлены разработанные алгоритмы и методы:

- + коррекции счетчиков ациклического участка по заданному входному счетчику и счетчикам выходов
- + коррекции счетчиков узлов цикла для изменения среднего числа итераций
- + коррекции профиля при возникновении противоречивых переходов
- + вычисления числа итераций цикла, коррекции профильной и тонкой профильной информации после преобразования открутки итераций цикла

Спасибо за внимание!