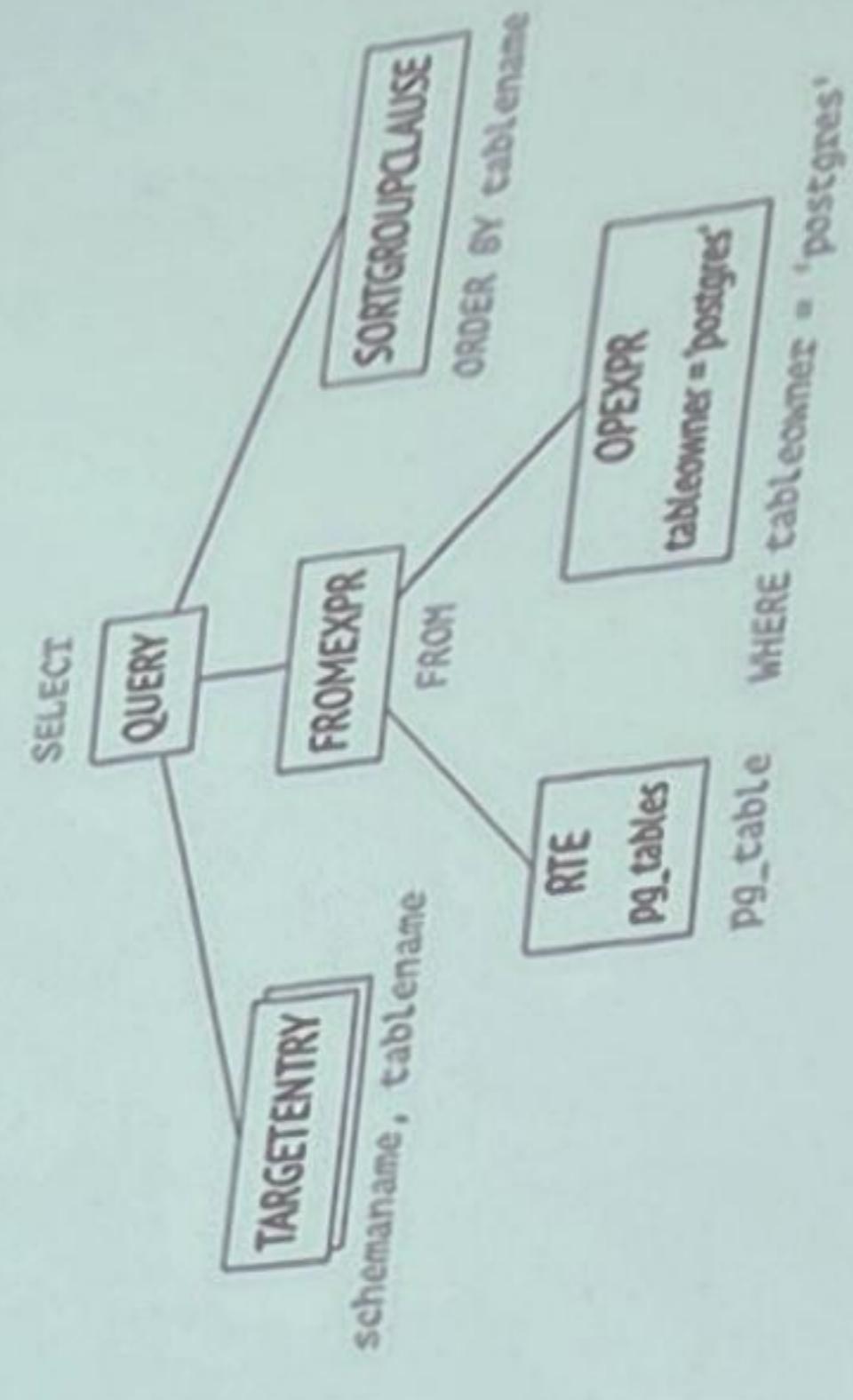


Этапы выполнения запроса

Лексический разбор

- На этом этапе сервер принимает SQL-текст запроса и синтаксический разбора (parse tree), предсталяющее структуру запроса.



Этапы выполнения запроса

Семантический разбор

- Заменяет представления на их определения или обрабатывает правила, определённые для таблиц.
- Проверка прав у пользователя к этим объектам.
- Вся необходимая для семантического анализа информация хранится в системном каталоге.
- Семантический анализатор получает от синтаксического анализатора дерево разбора и перестраивает его, дополняя ссылками на конкретные объекты базы данных, указанием типов данных и другой информацией.

Этапы выполнения Планирование запроса

- Любой запрос можно выполнить разными способами.
- План выполнения также представляется в виде дерева, но его узлы содержат не логические, а физические операции над данными.
- Текстовое представление плана выводит команда EXPLAIN

Этапы выполнения запроса

Планирование

- Планировщик (planner) принимает переписанное дерево запроса и генерирует один или несколько вариантов выполнения запроса.
- Оптимизатор оценивает стоимость каждого варианта плана, используя статистические данные о таблицах, и выбирает наиболее выгодный план.

Этапы выполнения запроса

Планы

- Количество возможных планов экспоненциально зависит от количества соединяемых таблиц.
- Для сокращения пространства перебора традиционно используется алгоритм динамического программирования в сочетании с некоторыми эвристиками.
- Точное решение задачи оптимизации не гарантирует, что найденный план действительно будет лучшим.

Этапы выполнения запроса

Общие и частные планы

```
=> EXECUTE plane('763');
=> EXECUTE plane('773');
=> EXPLAIN EXECUTE plane('319');

Seq Scan on aircrafts_data ml
Filter: ((aircraft_code)::text = '319'::text)
(2 rows)

QUERY PLAN
Filter: ((aircraft_code)::text = '319'::text)
(Cost=0.00 ..1.39 rows=1 width=52)

=> EXECUTE plane('320');
=> EXPLAIN EXECUTE plane('321');

Seq Scan on aircrafts_data ml
Filter: ((aircraft_code)::text = '$1')
(2 rows)

QUERY PLAN
Filter: ((aircraft_code)::text = '$1')
(Cost=0.00 ..1.39 rows=1 width=52)
```

Этапы выполнения запроса

- После выбора оптимального плана последовательность операций, предусмотренных планом, запускает буферный менеджер, который минимизирует количество операций ввода-вывода на диск.
- Если запрос рассчитан на параллельное выполнение, результат собирается из нескольких рабочих процессов и объединяется в итоговый набор данных.

Статистика Определение

- это набор данных, который собирается системой для оценки распределения значений в таблицах и столбцах, что затем используется планировщиком запросов для выбора наиболее эффективного плана выполнения.

Статистика хранение

- PostgreSQL хранит собранную статистику в системной таблице pg_statistic
- Прямой доступ к pg_statistic обычно не требуется, и для просмотра статистики чаще используют представление pg_stats
- Это публичное представление, которое предоставляет информацию из pg_statistic в удобном для чтения виде, без избыточных деталей.
- Базовая статистика уровня отношения хранится в таблице pg_class

Статистика

Данные

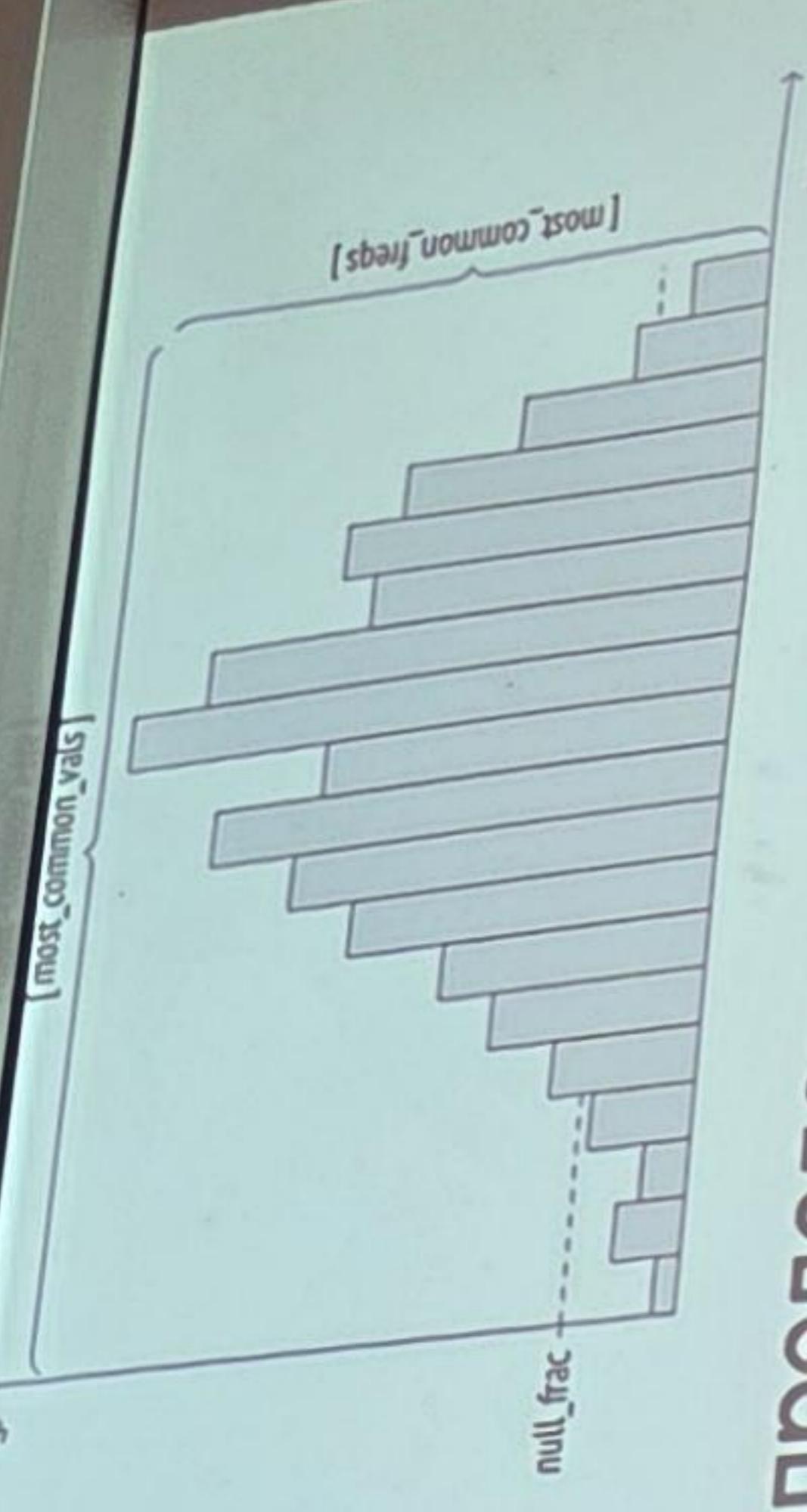
- **reltuples:** число кортежей в отношении.
- **n_distinct:** оценка количества уникальных значений.
- **most_common_vals** и **most_common_freqs:** список наиболее часто встречающихся значений и их частоты.
- **histogram_bounds:** границы гистограммы распределения значений, которые используются для оценки селективности диапазонных запросов.
- **correlation:** оценка корреляции между порядком значений в столбце и порядком их хранения.
- **null_frac:** Доля неопределенных значений

Статистика Сбор статистики

- Статистика собирается при анализе, ручном или автоматическом.
Однако ввиду особой важности, также при выполнении операций `CREATE INDEX` и `REINDEX`.
Некоторые операции (VACUUM FULL и CLUSTER) и уточняются при очистке.
- Для анализа случайно выбираются 300 × `default_statistics_target` строк, заданной точности, слабо зависит от объема анализируемых данных, поскольку размер выборки, достаточный для построения статистики, размер таблицы не учитывается.

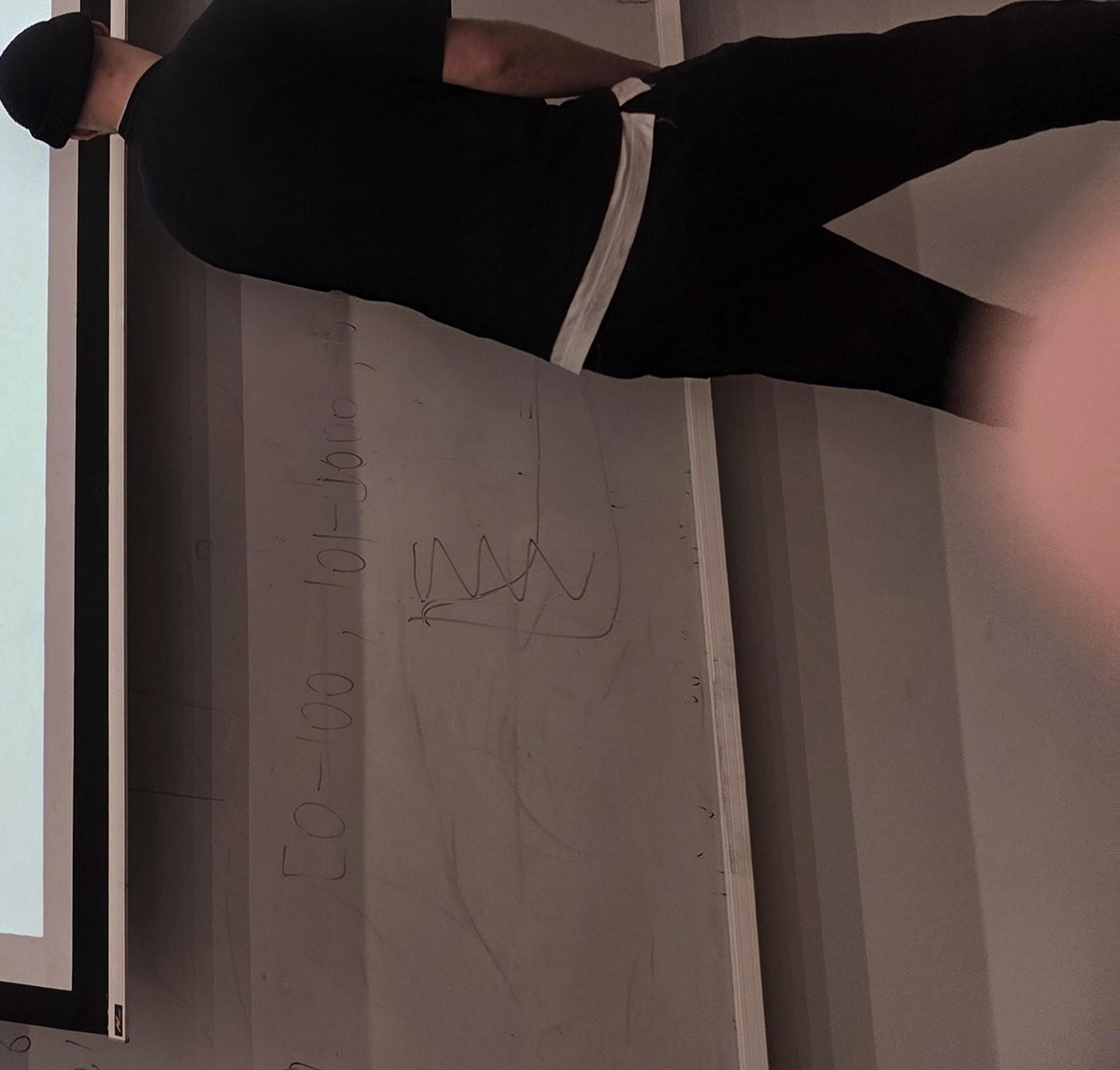
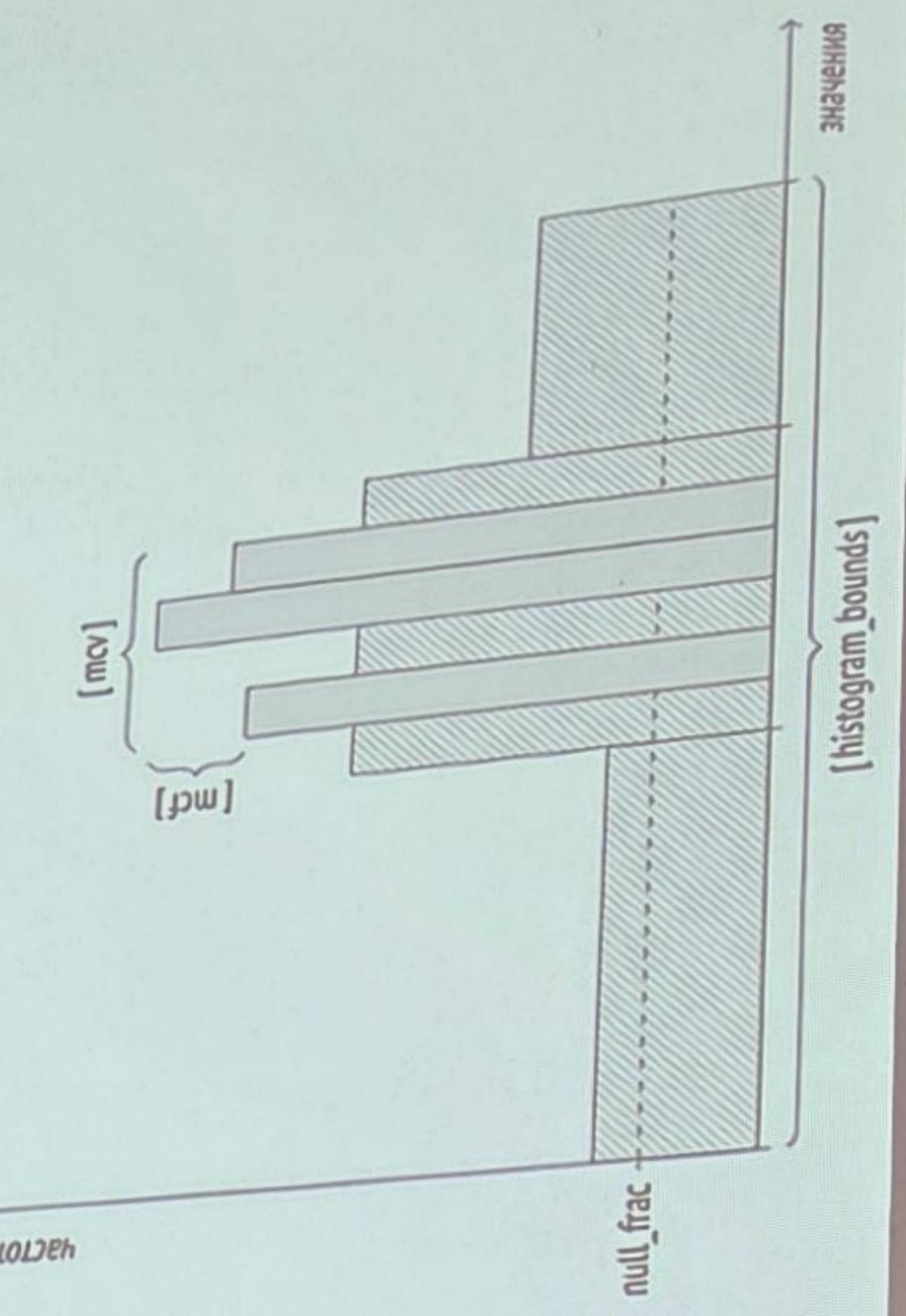
Статистика pg_stats

- Для уточнения оценки при неравномерном распределении собирается статистика по наиболее часто встречающимся значениям и частоте их появления. Представление pg_stats показывает два этих массива в столбцах most_common_vals и most_common_freqs.
- Список частых значений используется и для оценки селективности условия. Например, для условия вида «столбец < значение» надо найти в most_common_vals все значения, меньшие искомого, и просуммировать частоты из most_common_freqs.



Статистика pg_stats

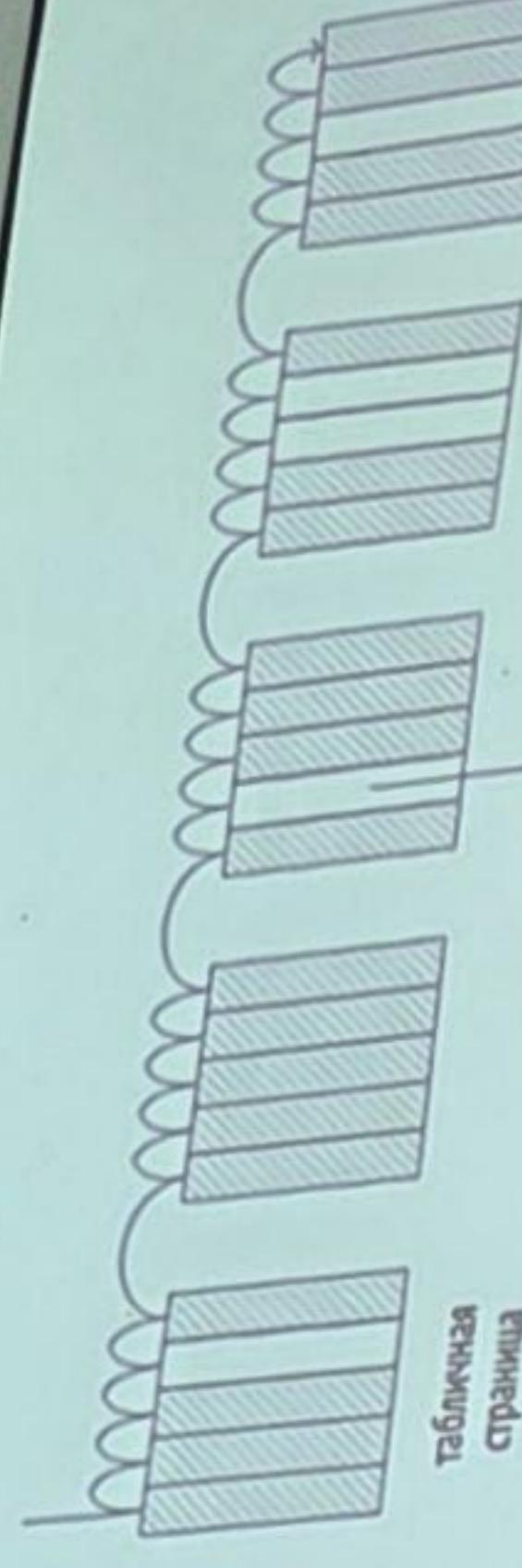
- Когда число различных значений слишком велико, чтобы записать их в нескольких корзин, в которых хранится диапазон. Гистограмма состоит из ограниченного количества корзин. Количество корзин определяется параметром default_statistics_target.
- Ширина корзин выбирается так, чтобы в каждую попало примерно одинаковое количество единиц измерения



Статистика pg_stats

- Поле `correlation` представления `pg_stats` показывает корреляцию между физическим расположением данных и логическим порядком в смысле операций сравнения. Если значения хранятся строго по возрастанию, корреляция будет близка к единице; если по убыванию — к минусу единице. Чем более хаотично расположены данные на диске, тем ближе значение к нулю.
- Корреляция используется для оценки стоимости индексного сканирования.

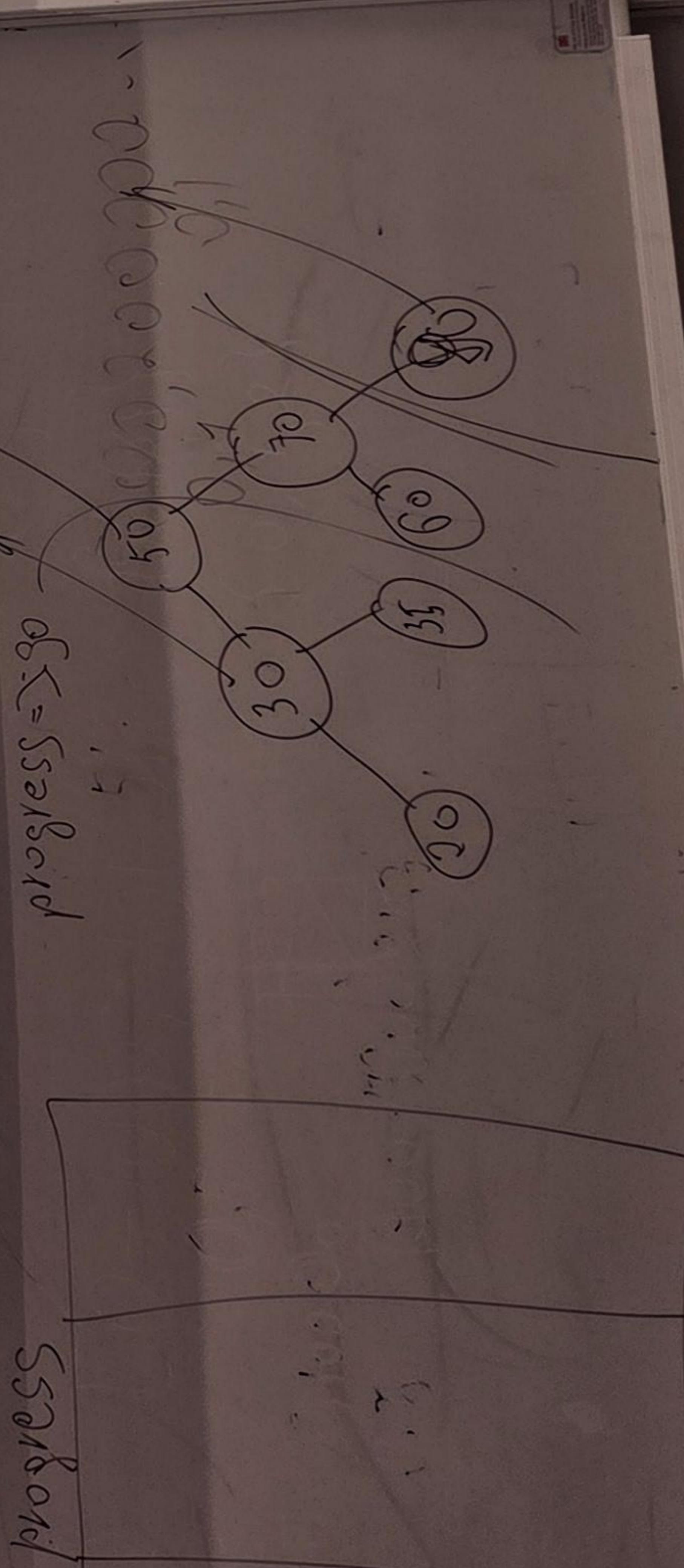
Табличные методы доступа Последовательное сканирование



- Полнотью читается файл основного слоя таблицы. На каждой прочитанной странице проверяется видимость каждой строки
- Чтение происходит через буферный кеш; чтобы большие таблицы не вытесняли полезные данные. При этом другие процессы, одновременно сканирующие ту же таблицу, присоединяются к кольцу и тем самым экономят операции дисковых чтений. Поэтому в общем случае сканирование может стартовать не с начала файла.
- Последовательное сканирование — самый эффективный способ прочитать всю таблицу или значительную ее часть. Иными словами, последовательное сканирование хорошо работает при низкой селективности.

Табличные методы доступа Последовательное сканирование

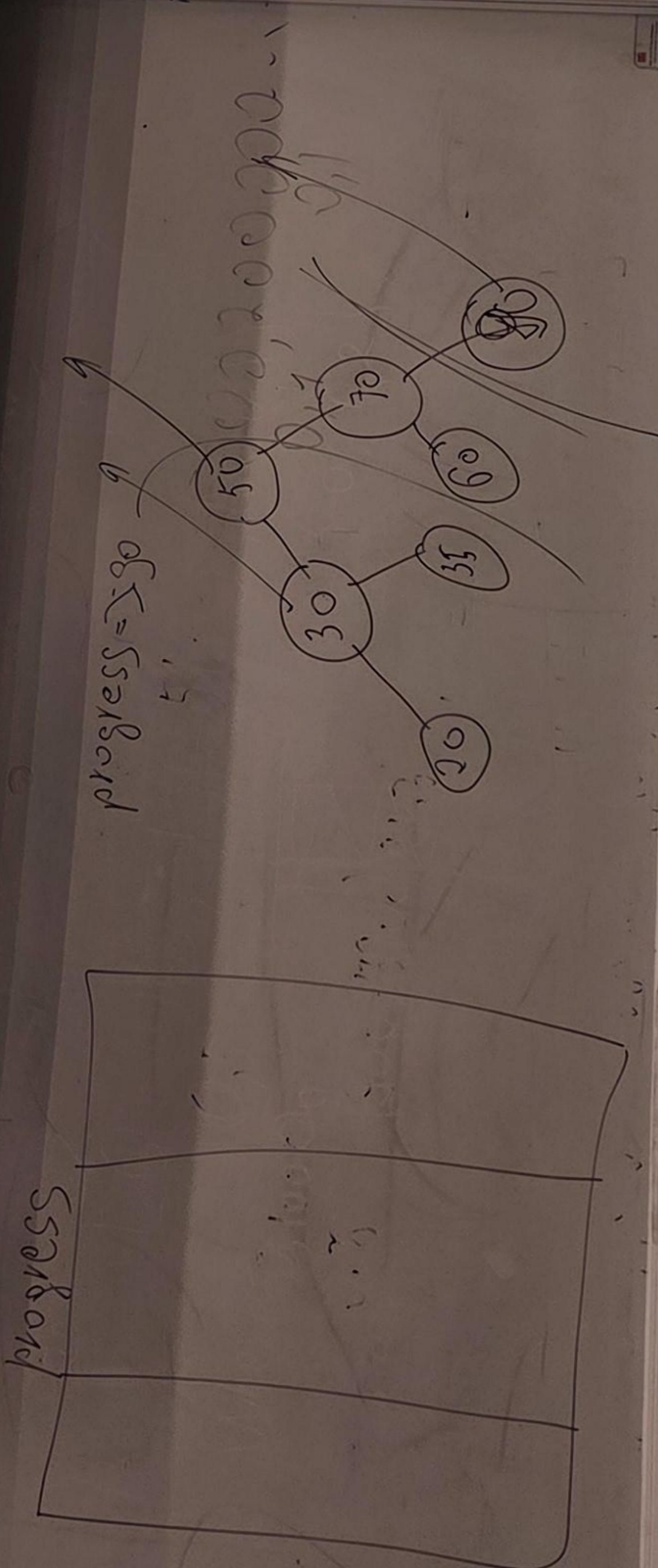
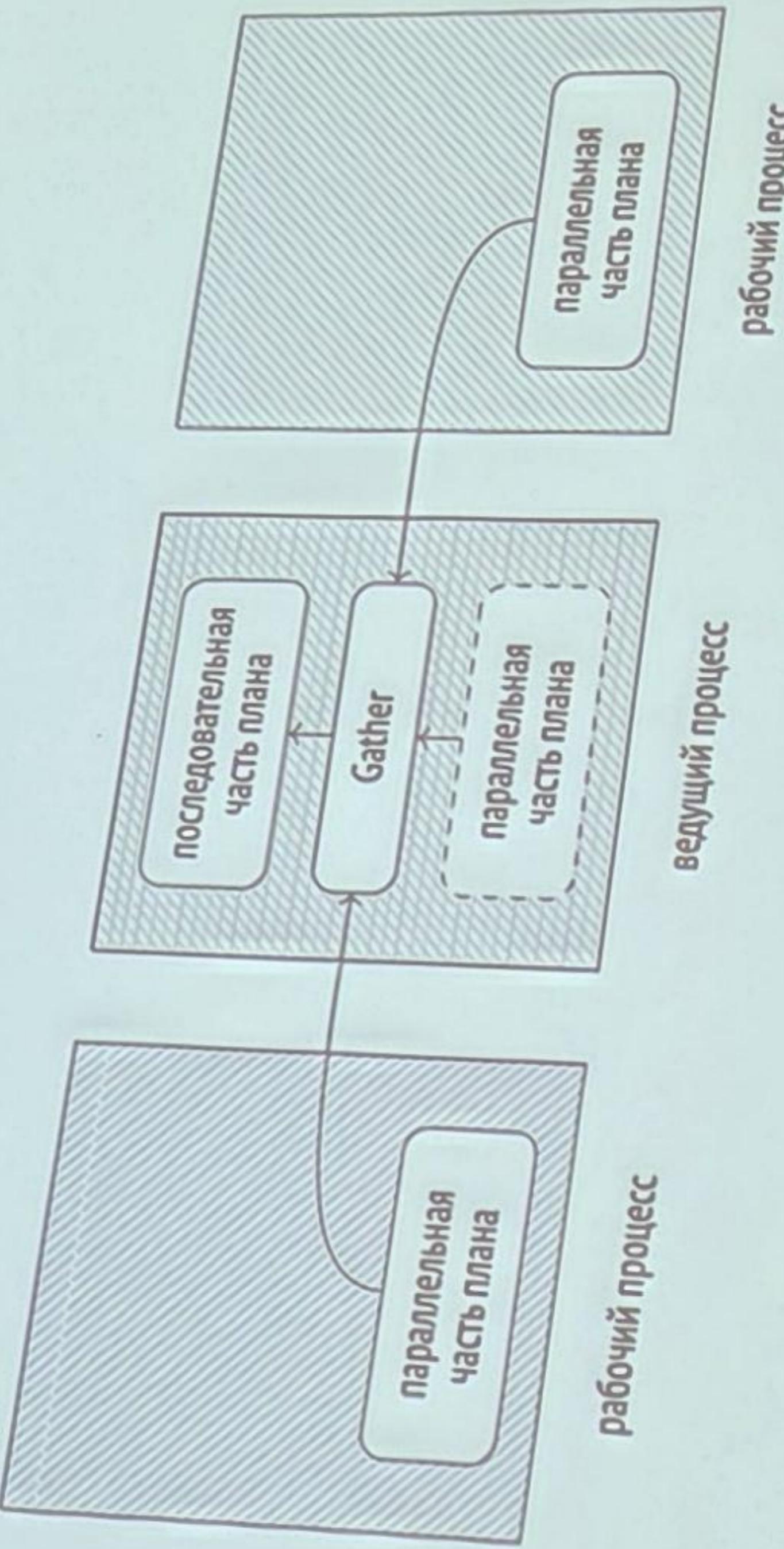
- В оценке стоимости оптимизатор учитывает две составляющие: дисковый ввод-вывод и ресурсы процессора
- Стоимость ввода-вывода рассчитывается как произведение числа страниц в таблице на стоимость чтения одной страницы, при условии что страницы читаются последовательно.
- Соотношение по умолчанию подходит для HDD-дисков; для накопителей SSD имеет смысл существенно уменьшить значение параметра `random_page_cost` (значение `seq_page_cost`, как правило, не трогают, оставляя единицу в качестве опорного значения).
- Оценка ресурсов процессора учитывает стоимость обработки каждой версии строки (которая определяется для планировщика значением параметра `tuple_cost`):
 - Если на сканируемую таблицу наложены условия, они отображаются в плане запроса под узлом Seq Scan в секции Filter. Оценка числа строк будет учитывать селективность этих условий, а оценка стоимости — затраты на их вычисление.



Табличные Parallel Seq Scan – Методы Доступа

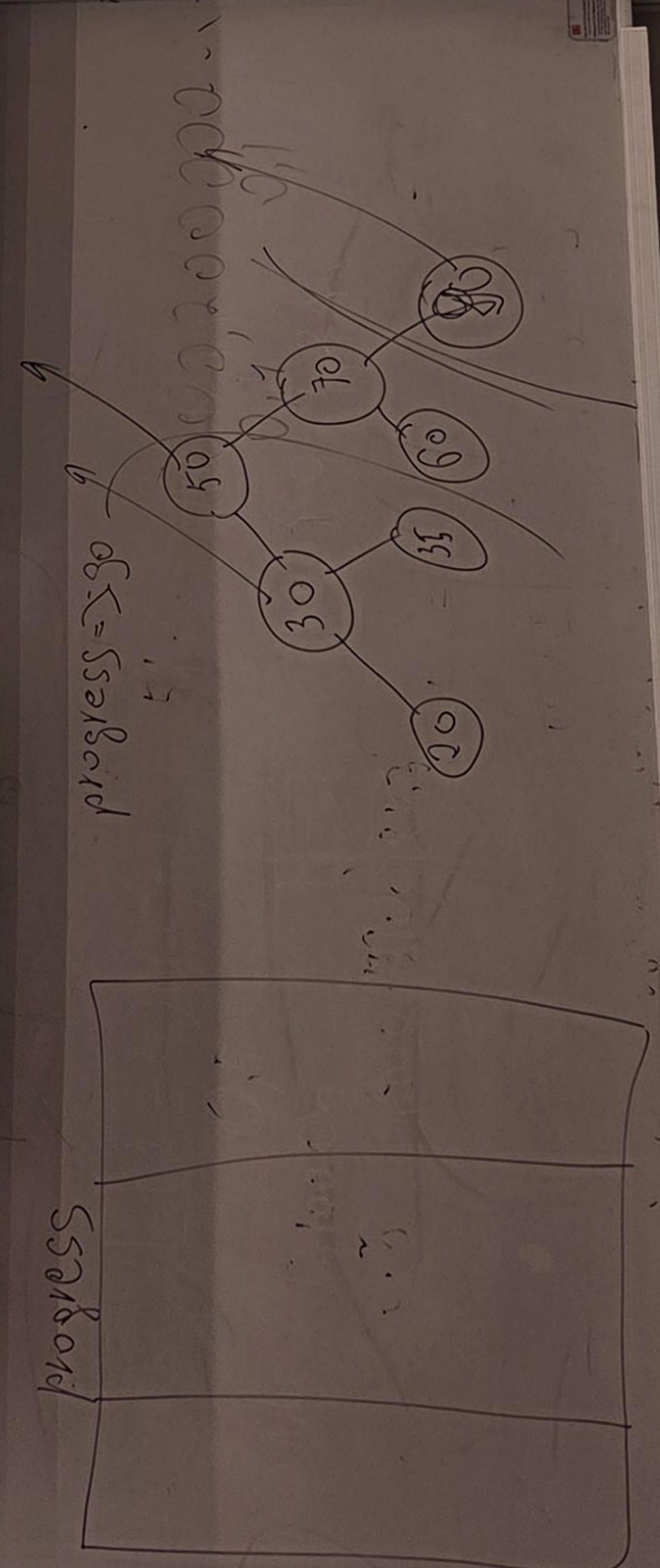
- чтение выполняется специальными процессами. Процессы синхронизируются между собой с помощью одногоподхода и тут же страницу дважды.
- последовательное сканирование

чтобы не пропустить



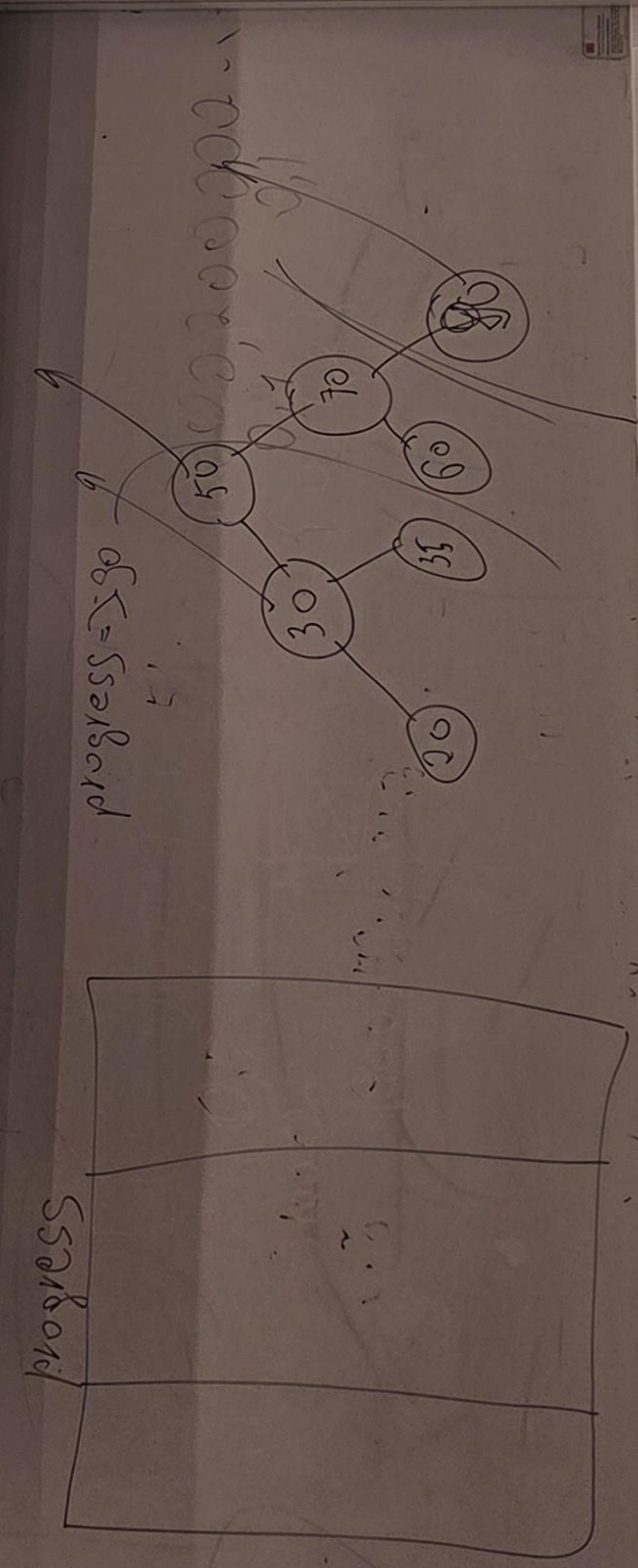
Gather

- собирает результаты от параллельных рабочих процессов.
- Gather Merge: В этом случае параллельные рабочие процессы выполняют сортировку локально, а Gather Merge объединяет отсортированные потоки, гарантируя, что итоговый результат также этапе объединения.



Табличные сканирование Методы доступа

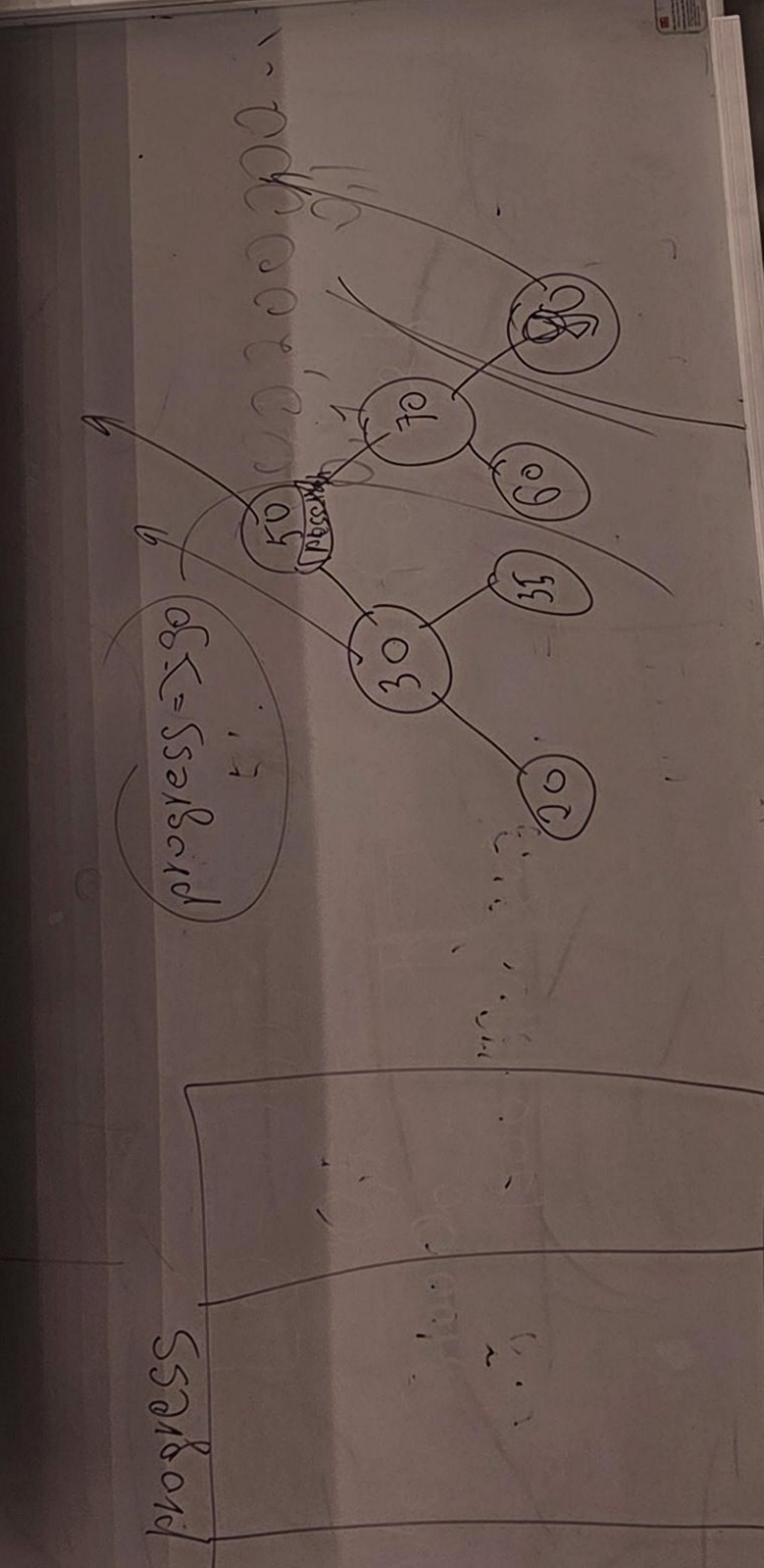
- Операция представляется в плане запроса узлом Index Only Scan страниц, отмеченных в карте видимости.



17, 6
0101

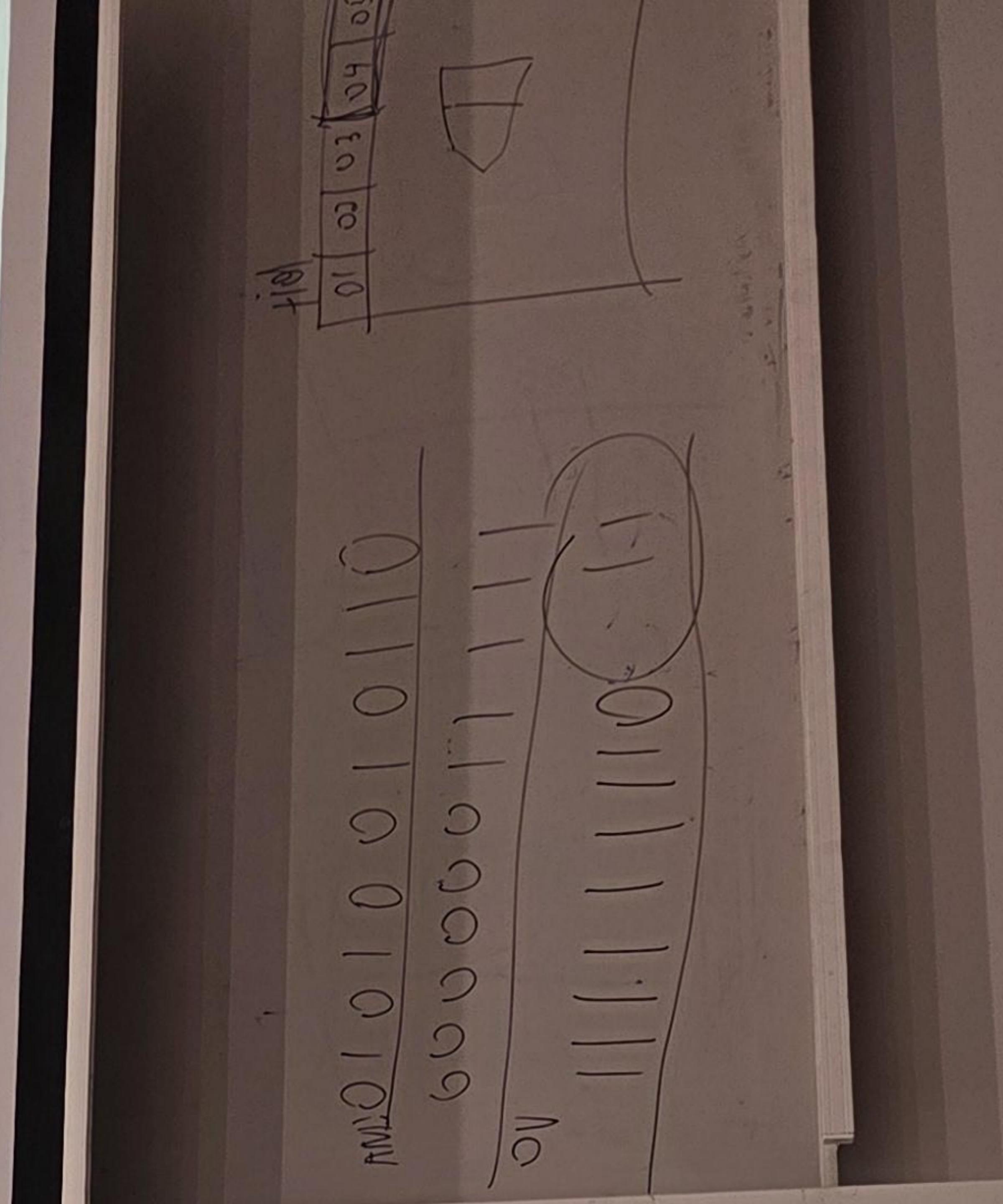
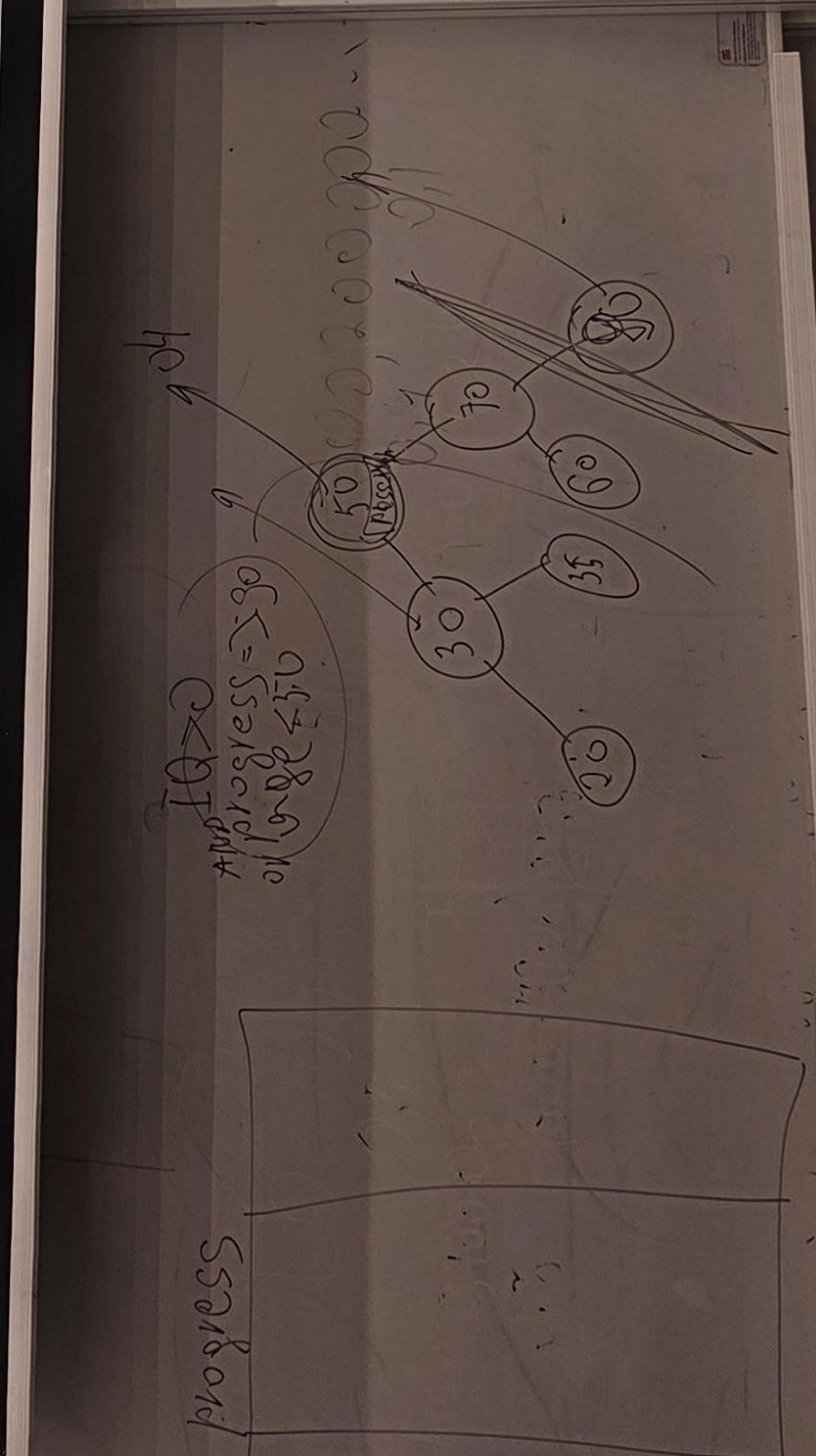
Таблицы Сканирование по битовой карте

- Ограничение индексного сканирования связано с тем, что при уменьшении корреляции увеличивается количество обращений к страницам, а характер чтения меняется с последовательного на случайный.



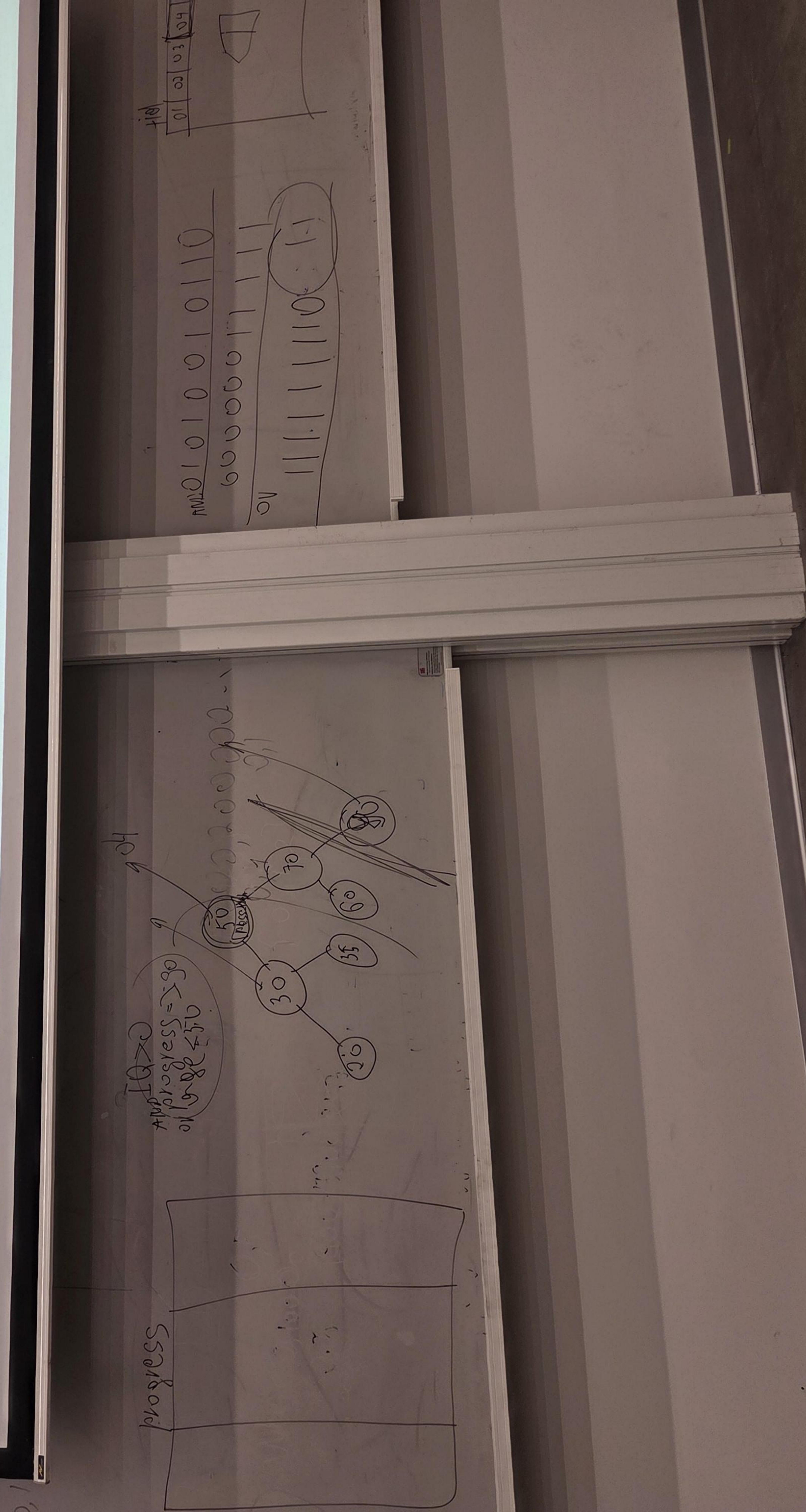
Bitmap Index Scan

- PostgreSQL использует обычные индексы идентификаторов строк (TIDs), вместо того, чтобы сразу возврашать строки, удовлетворяющие условия запроса.
- Когда запрос использует несколько условий, можно создать битовые карты для каждого условия, а затем объединить их.



Bitmap Near Scan

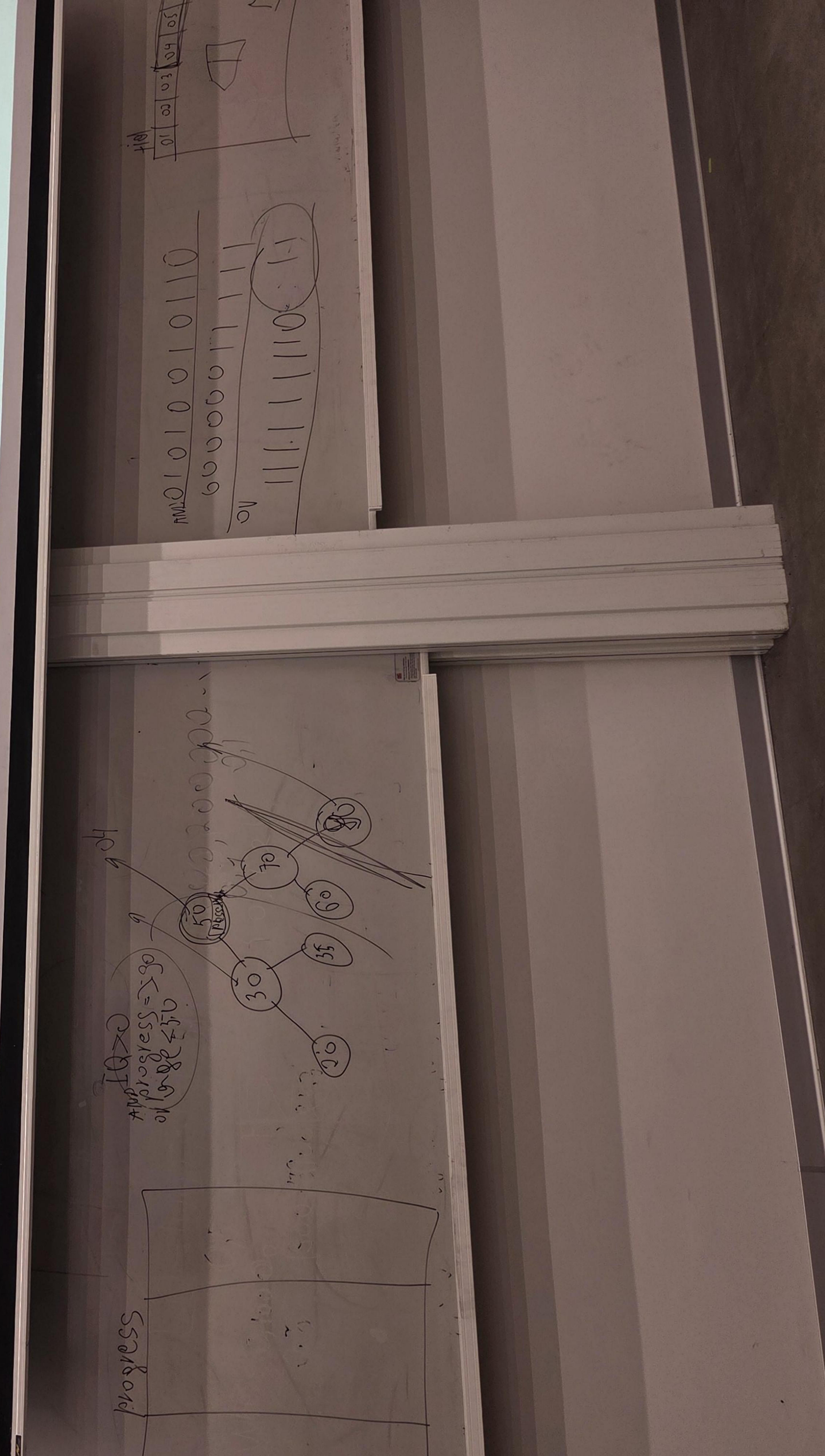
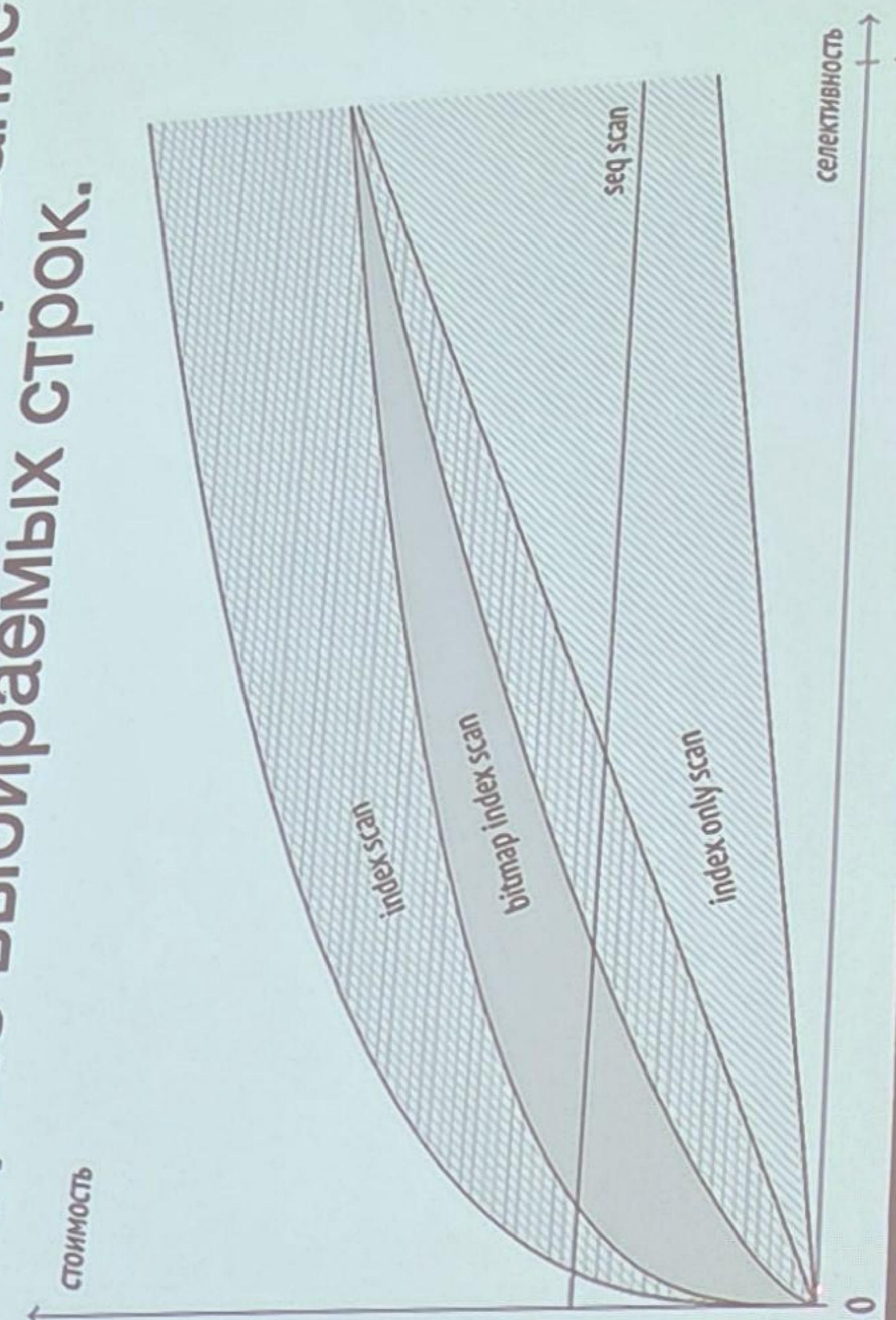
- После формирования битовой карты таблицы, не просматривая всю таблицу, осуществляется выборку строк из таблицы, не зная, какие строки нужно извлечь.
- Такой подход позволяет значительно сократить число операций ввода-вывода, особенно когда итоговый набор строк невелик.



Табличные Методы

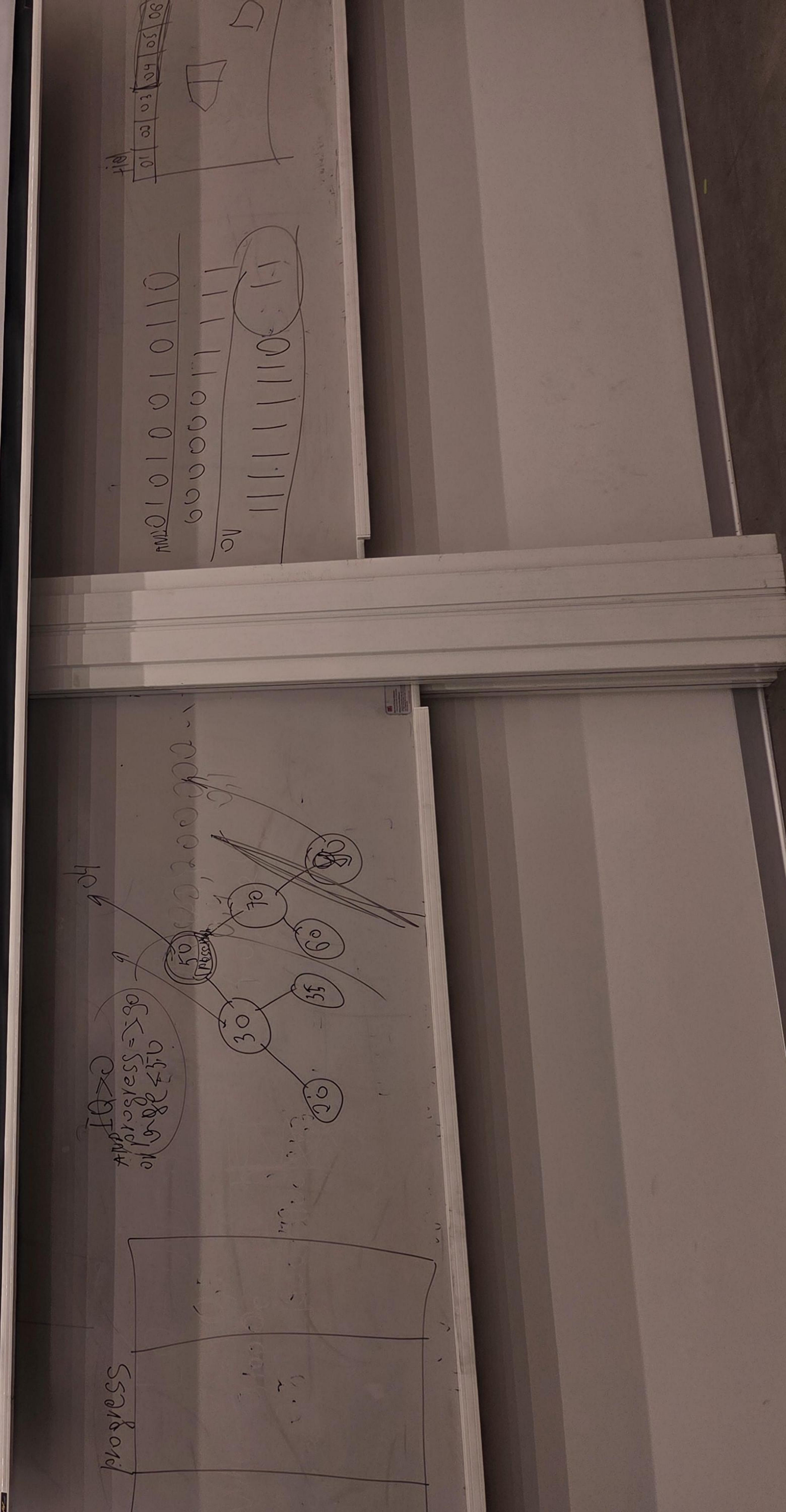
Сравнение методов доступа

- Зависимость стоимости различных методов доступа от условий можно представить следующим образом
- Стоимость индексного сканирования сильно зависит от корреляции при идеальной корреляции индексное сканирование эффективно даже при довольно большой доле выбираемых строк.



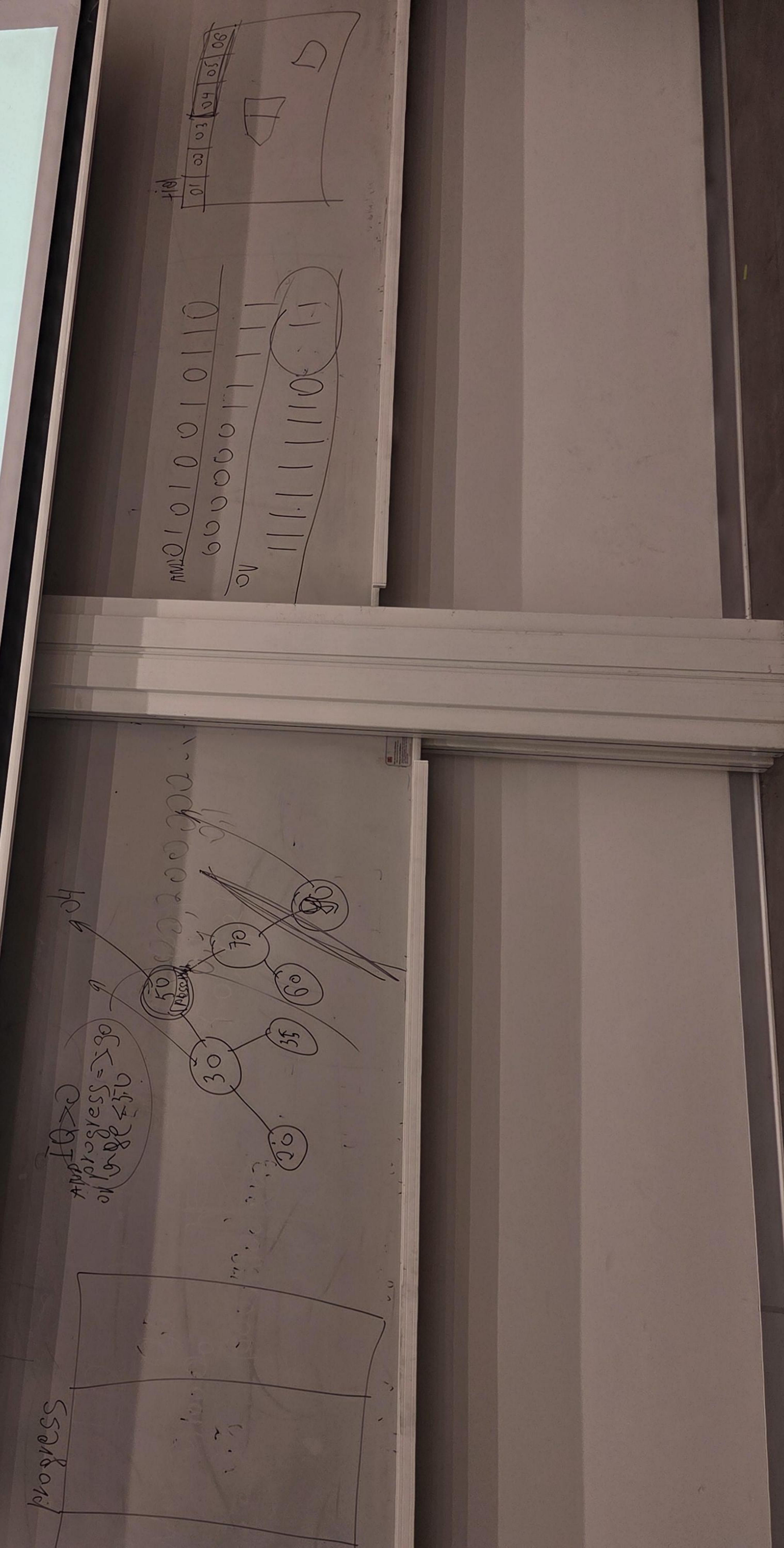
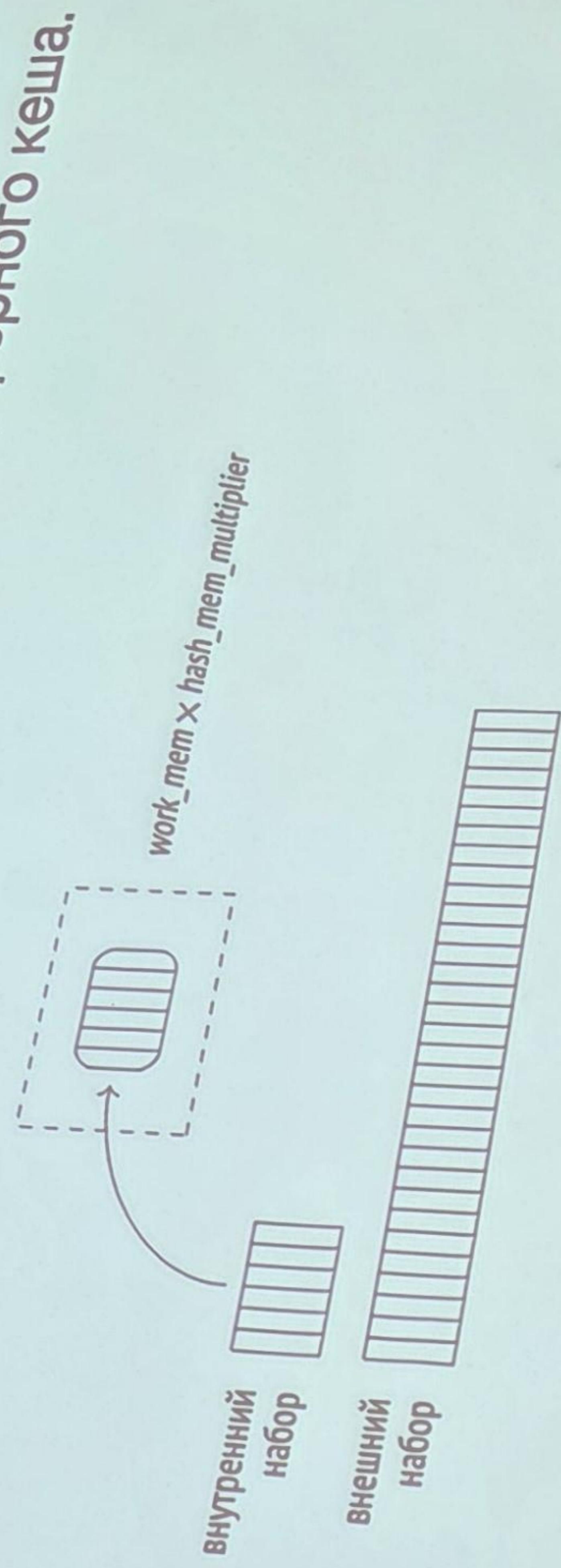
ВІДПУСКА СОЕДИНЕНИЯ СЛОСКОБЫ СОСЕДИНЕНИЕ В ПЛОЖЕННЫМ ЧИКЛДА

- Эффективность соединения вложенным циклом доступа ко внешнему набору, позволяющего эффективно обращения к одним и тем же строкам
 - В общем случае полная стоимость соединения складывается: из стоимости первоначального получения всех строк внутреннего набора (внешнего материализации), $(N-1)$ кратной стоимости строк внутреннего набора, стоимости обработки



Виды и способы соединения хешированием

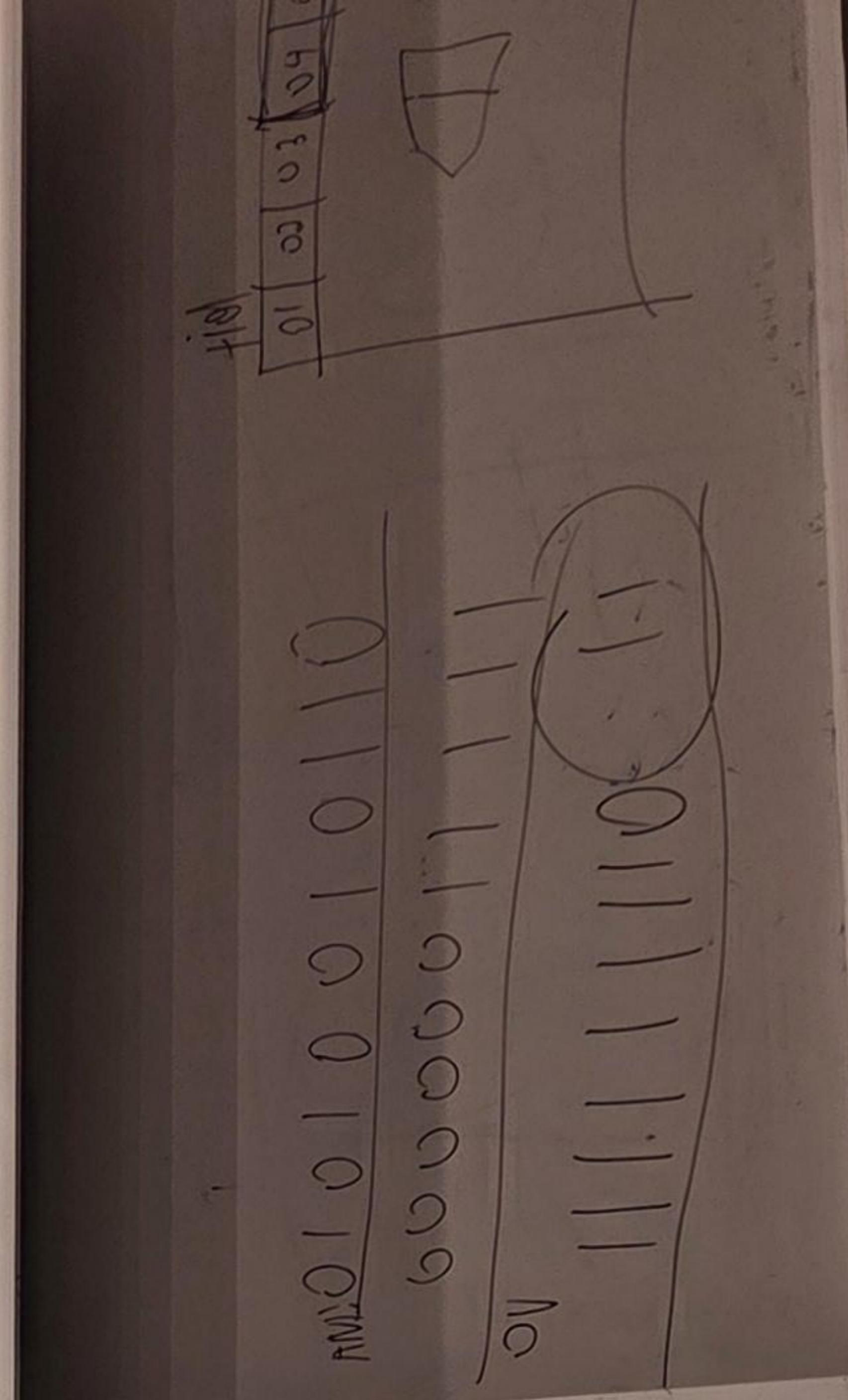
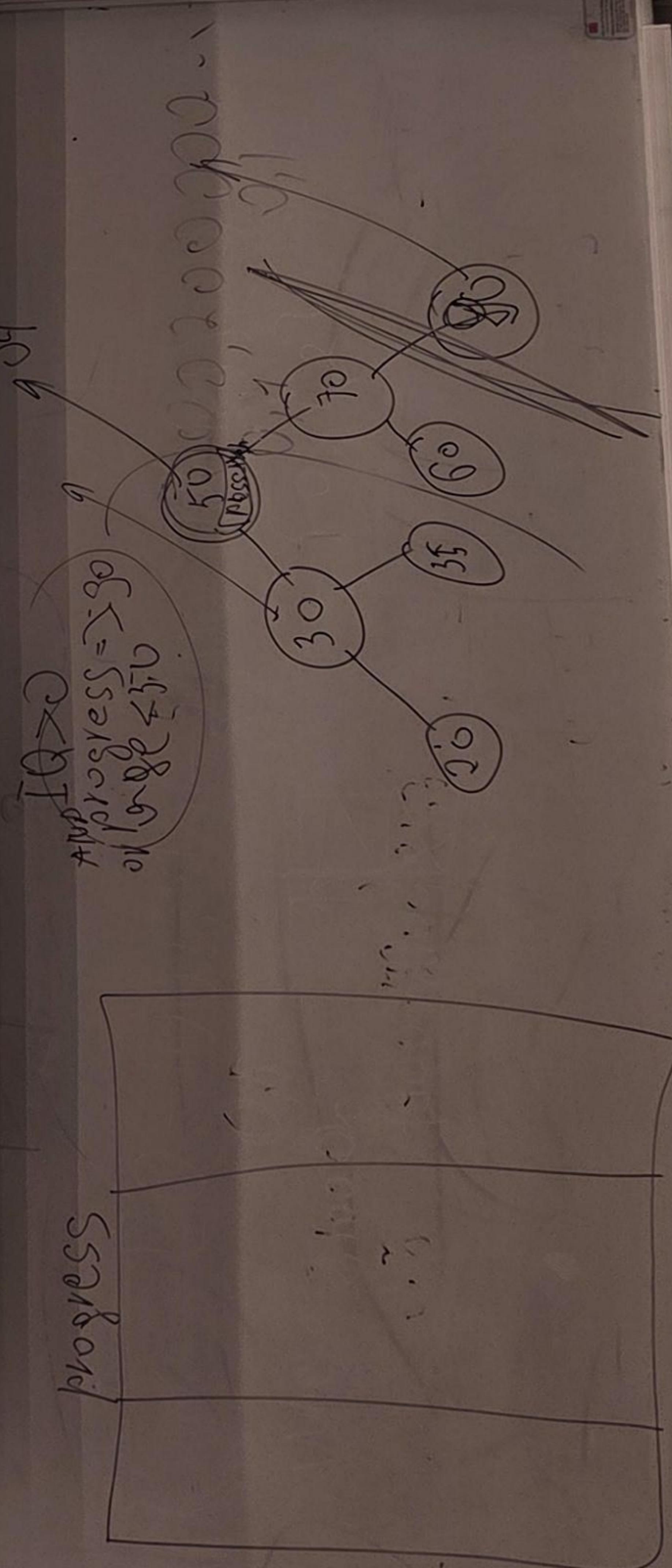
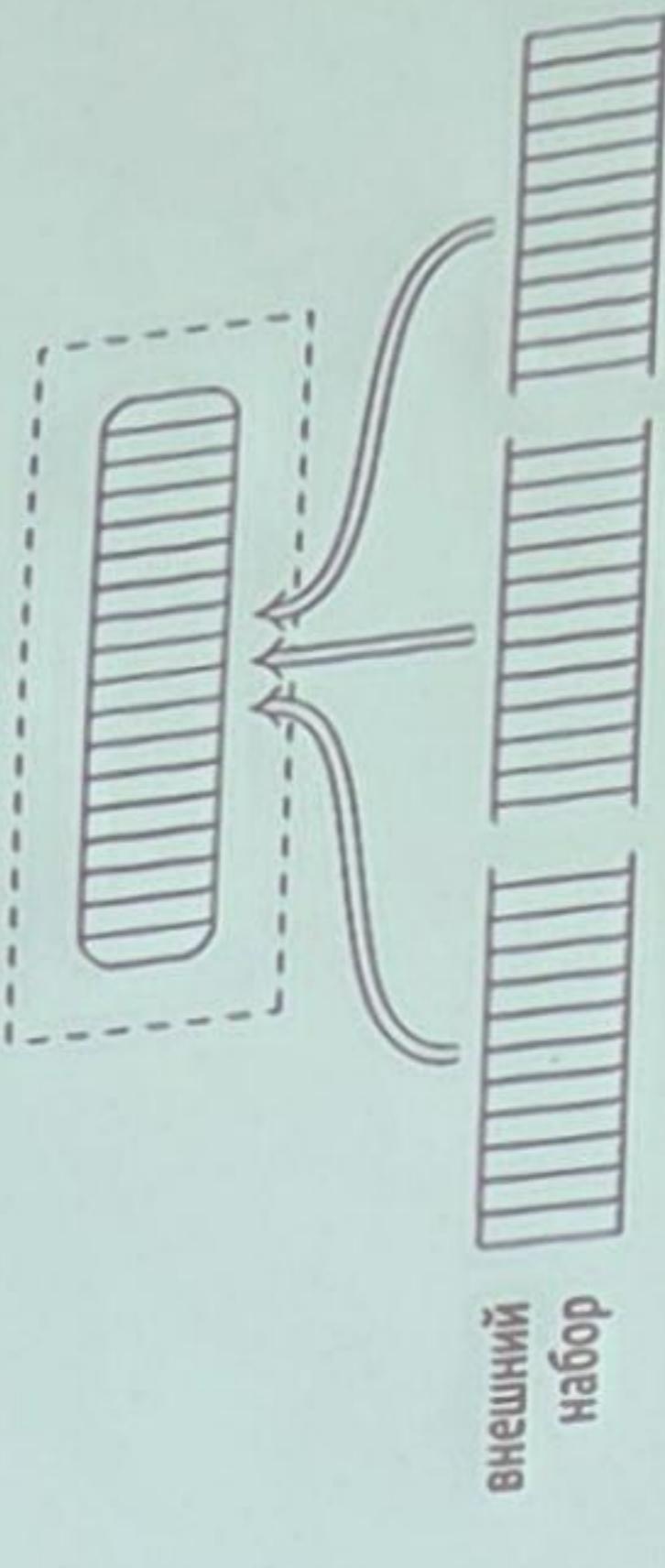
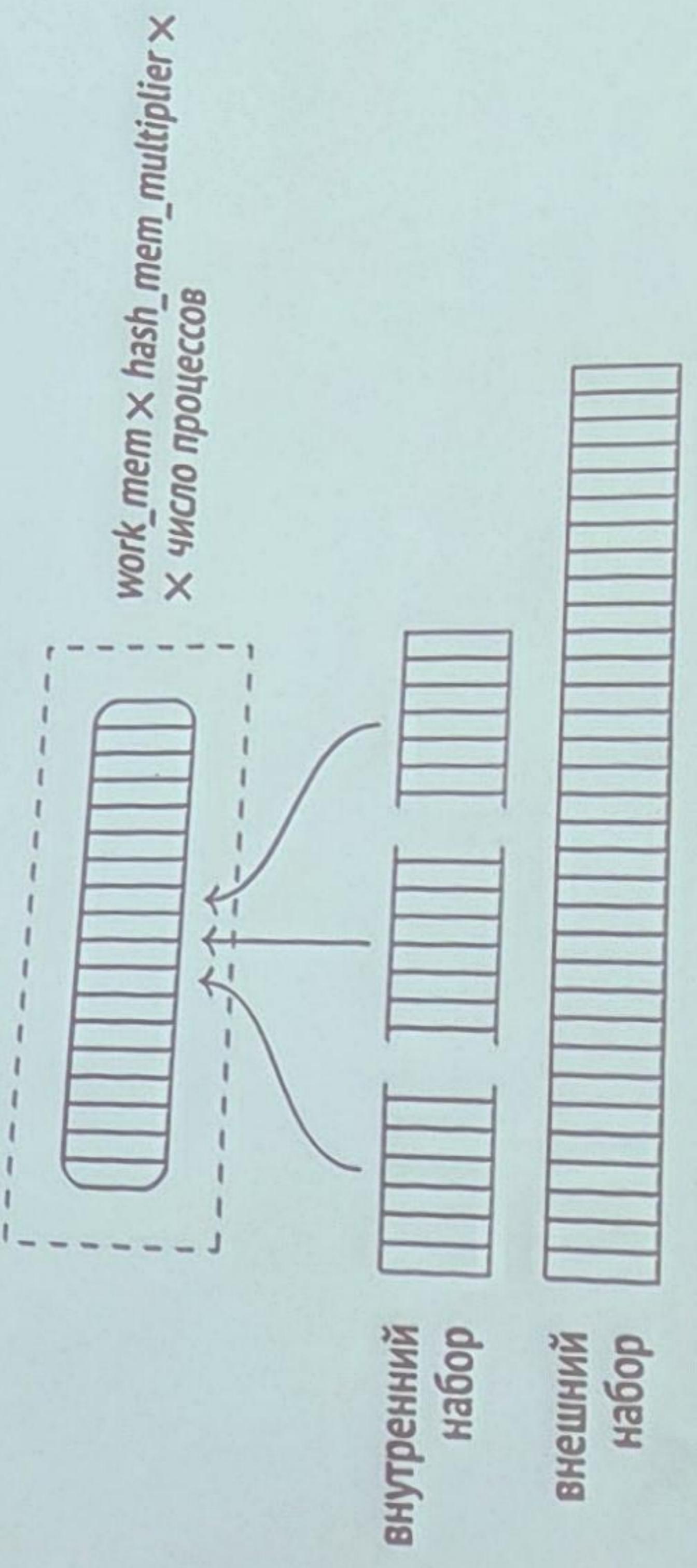
- Реализация разрешения коллизий с помощью цепочек, как для буферного кеша.



Виды и способы соединений

Соединение хешированием в параллельных планах

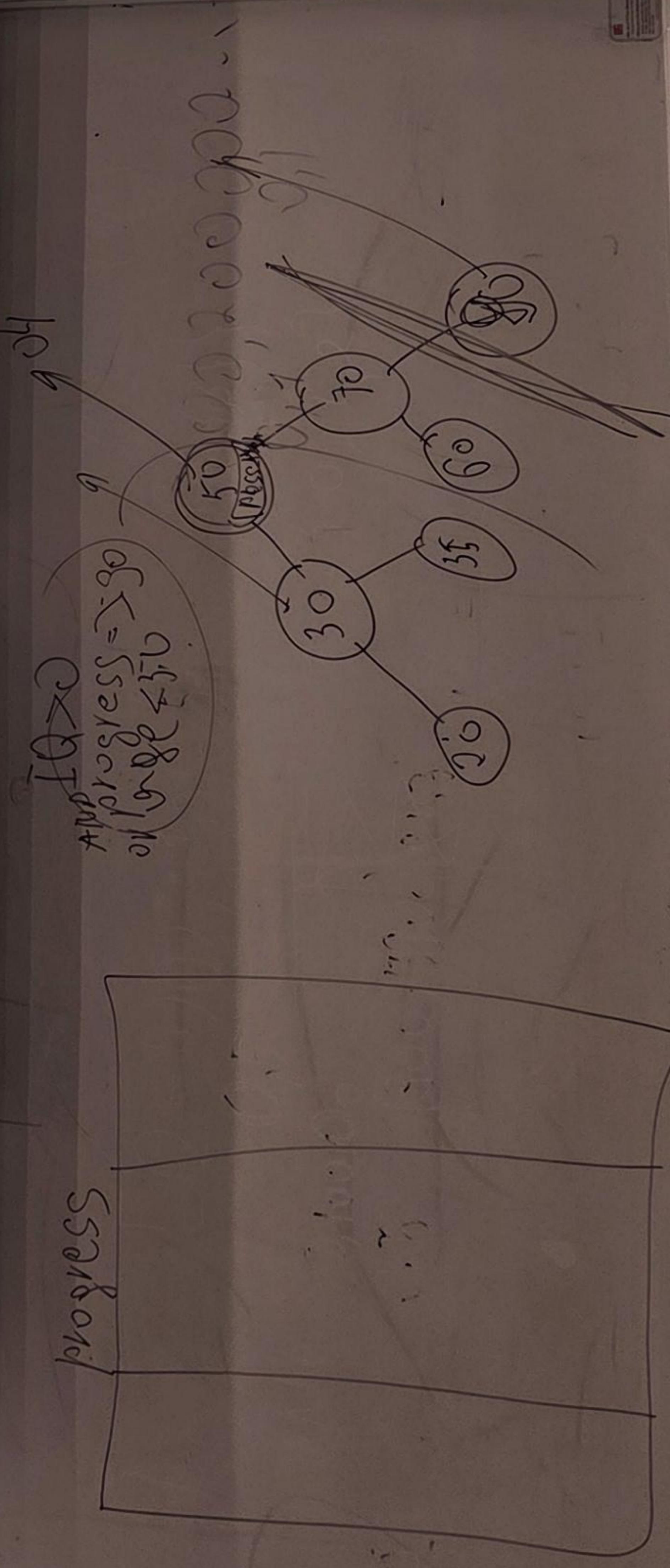
- Соединение хешированием очень эффективно для больших наборов данных. При наличии достаточно большого объема оперативной памяти оно требует однократного просмотра двух наборов данных, то есть имеет линейную сложность.



Виды и способы соединений

Соединение хешированием в параллельных планах

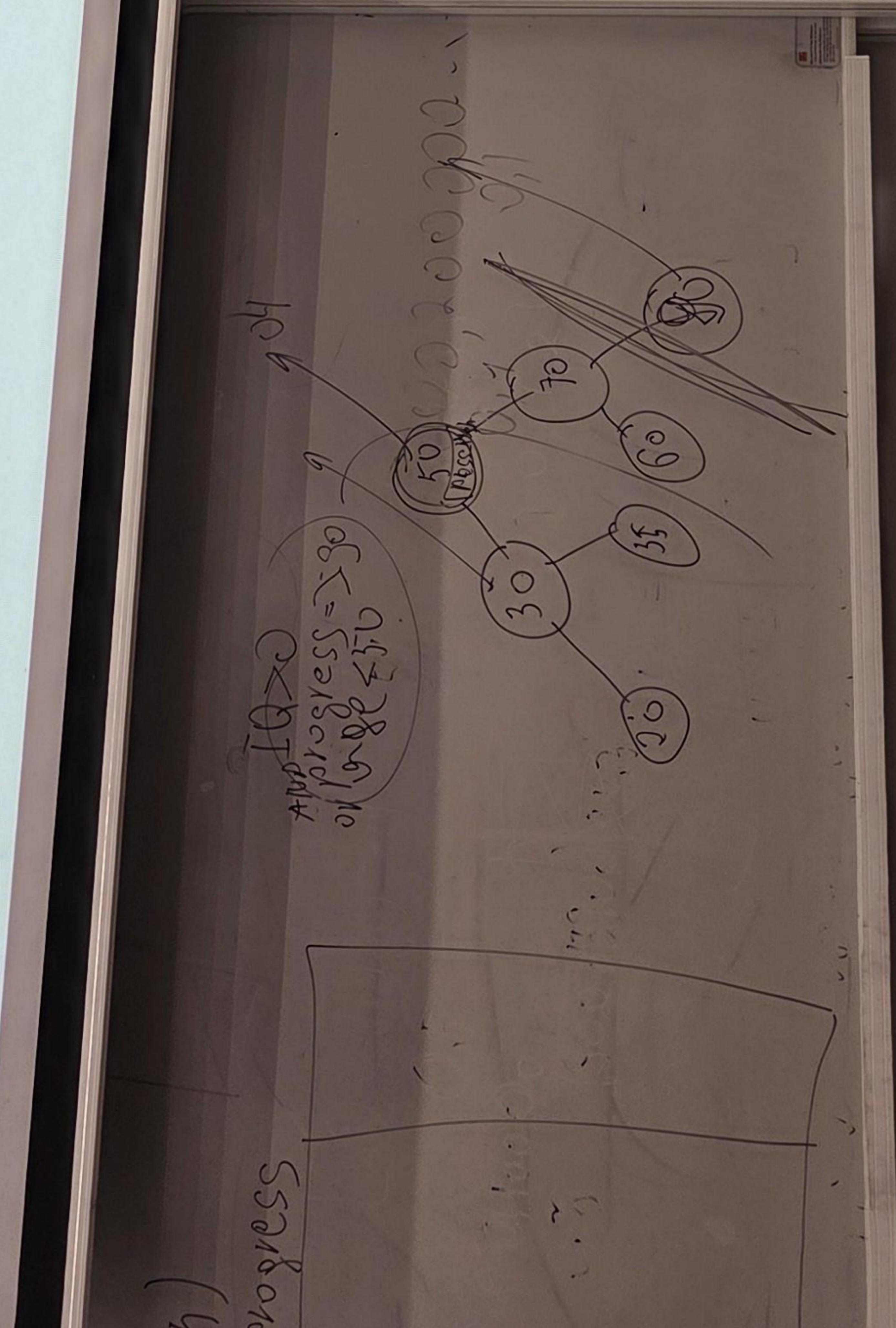
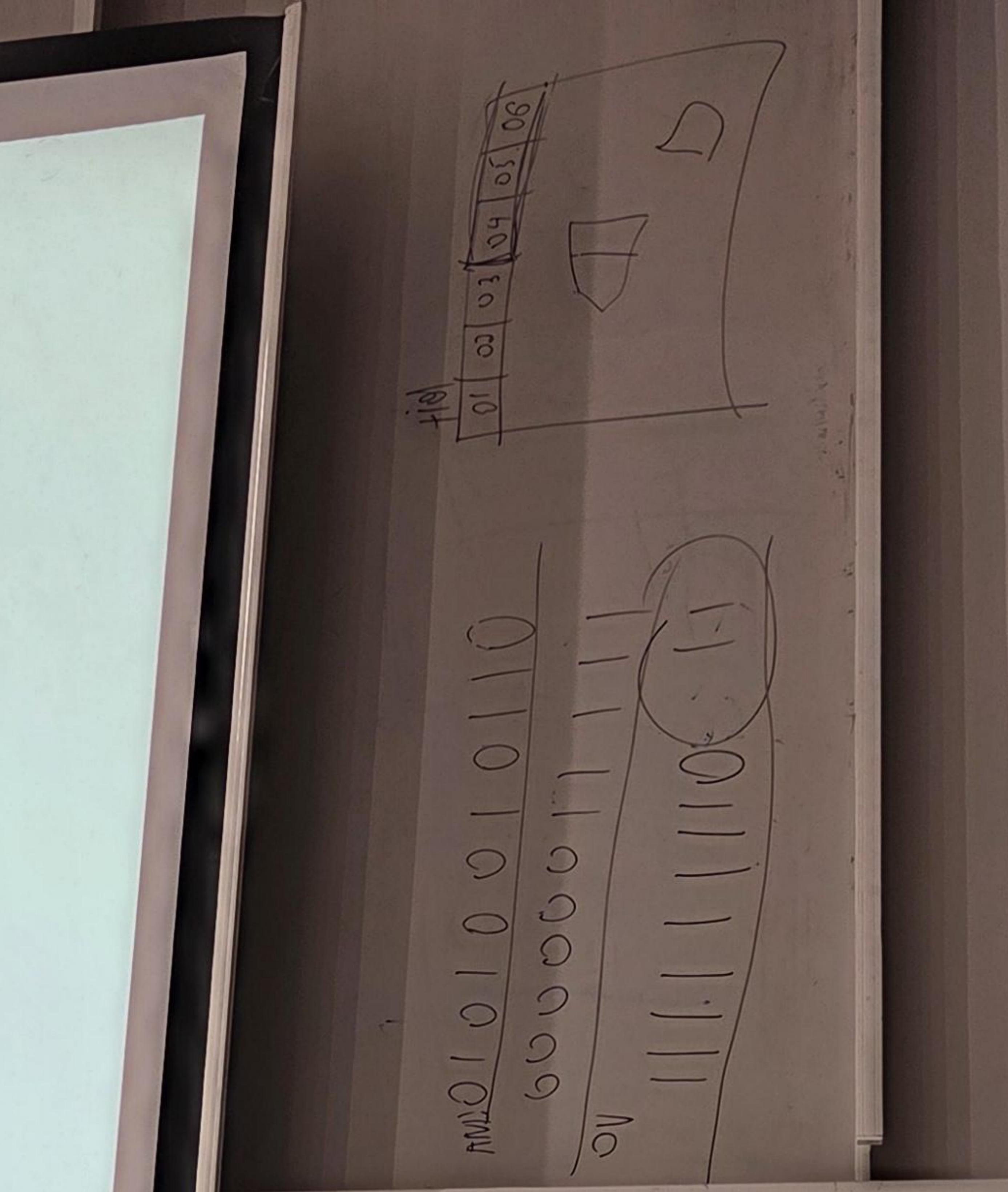
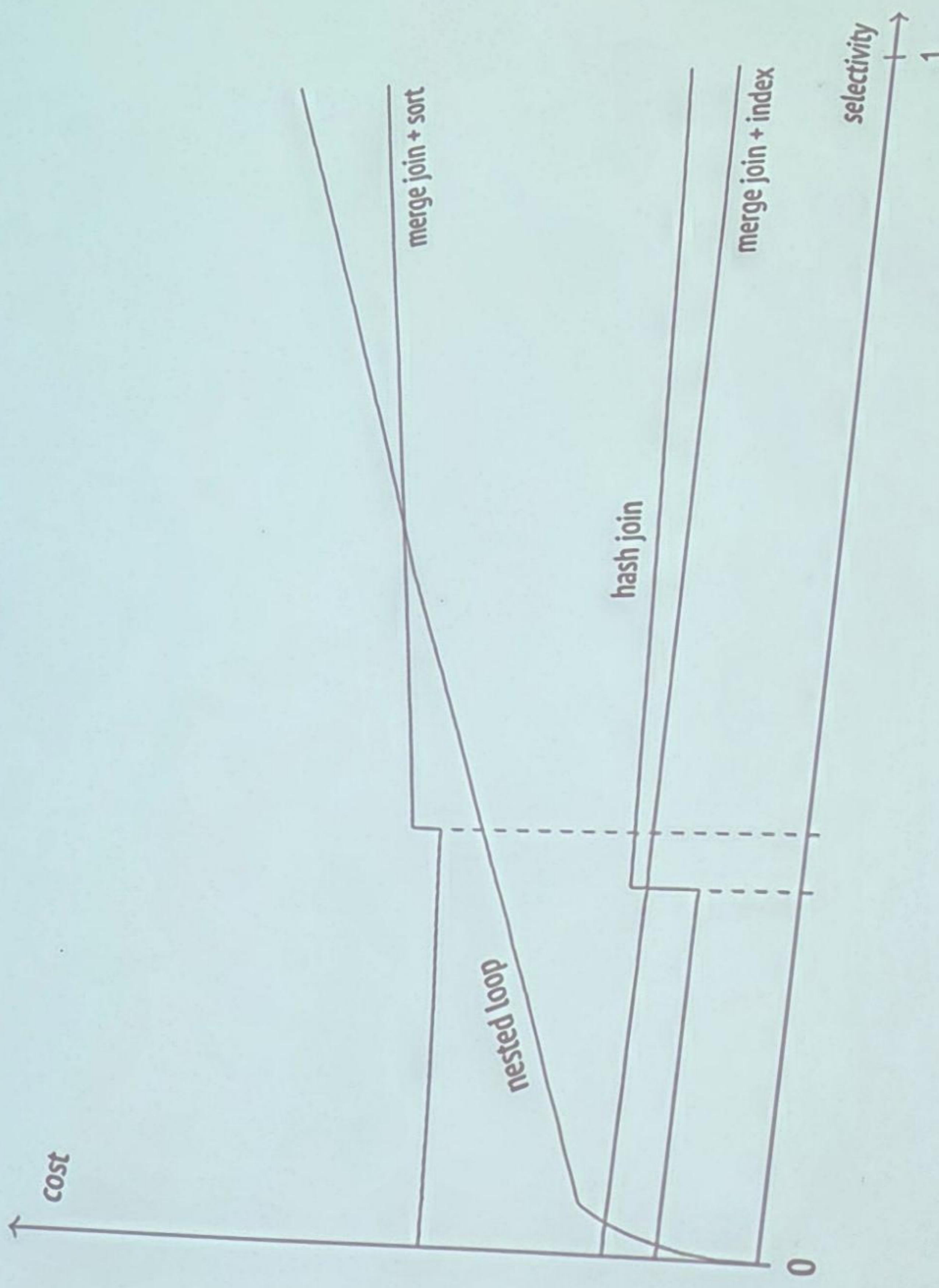
- Соединение слиянием работает для наборов данных, отсортированных по ключу соединения, и возвращает отсортированный же результат. Входной набор может оказаться уже отсортированным в результате индексного сканирования, или он может быть отсортирован явно.
- Используется Быстрая сортировка, Частичная пирамидалная сортировка, Внешняя сортировка слиянием.



10	01	00	01	01	10
60	00	00	01	11	01
11	11	11	11	01	11

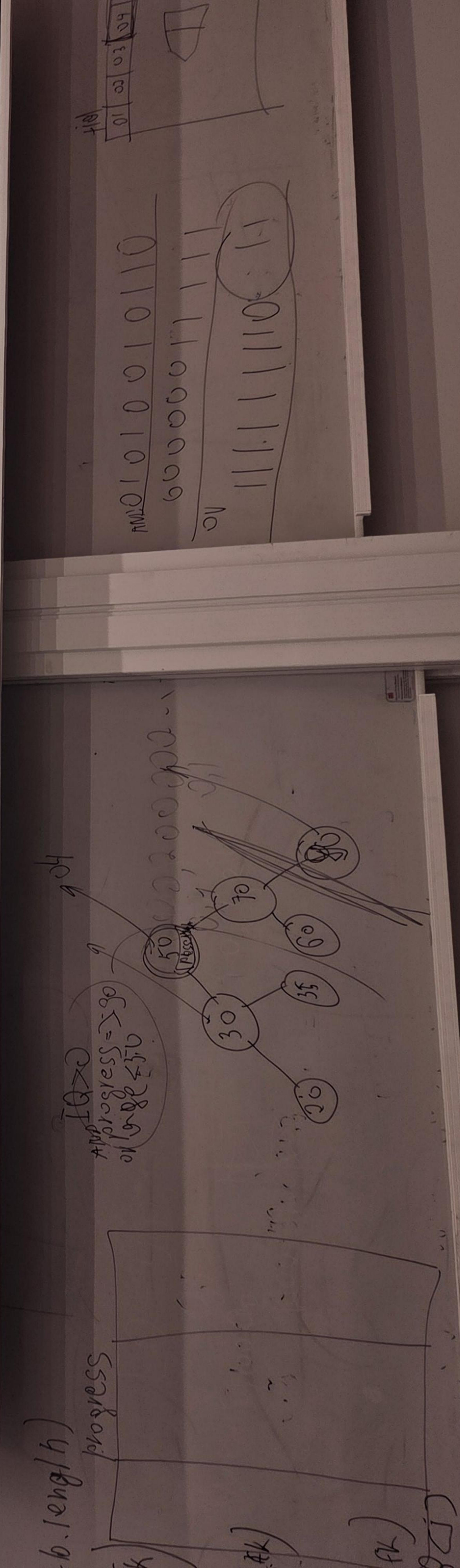
Виды и способы соединений

Сравнение



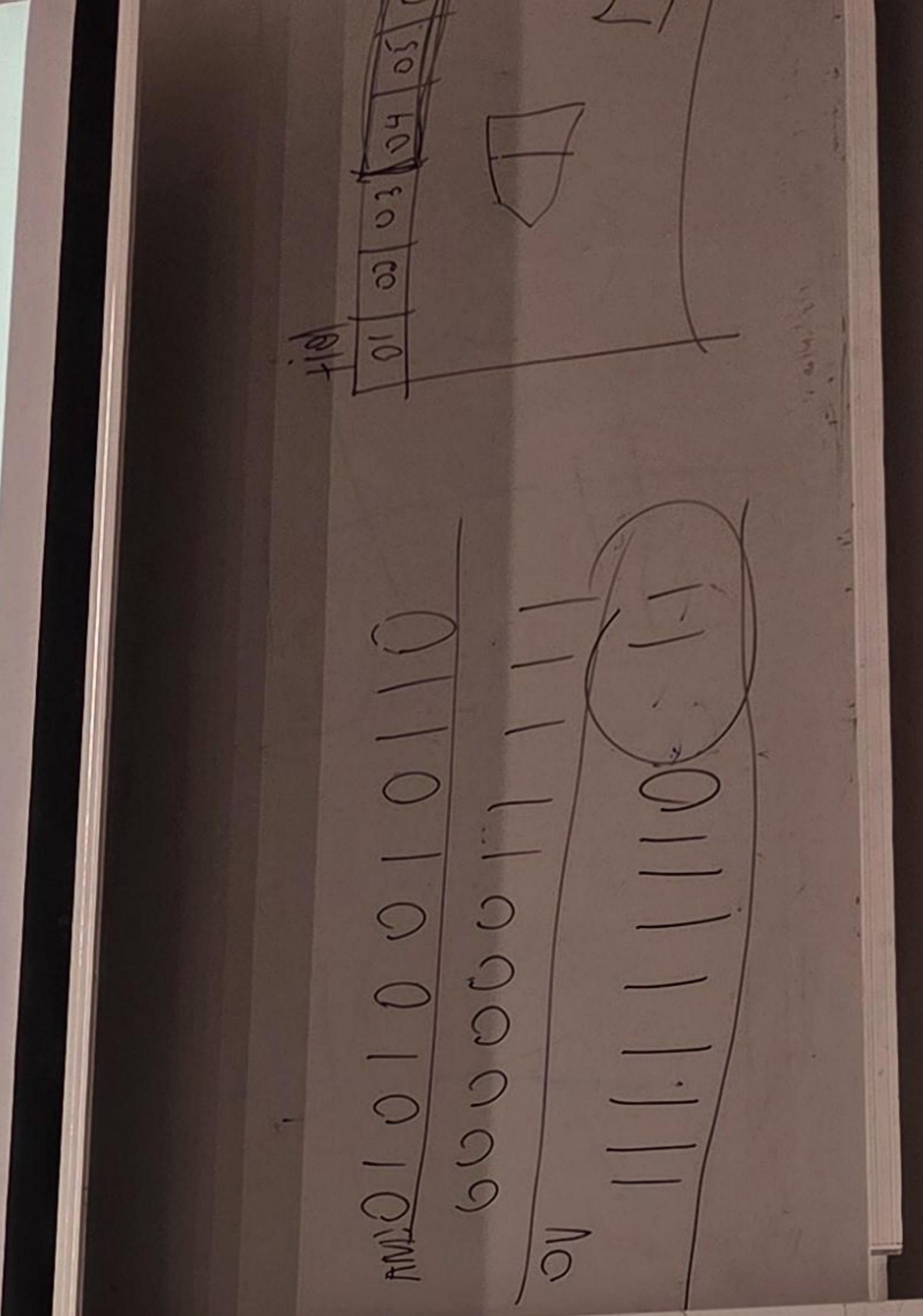
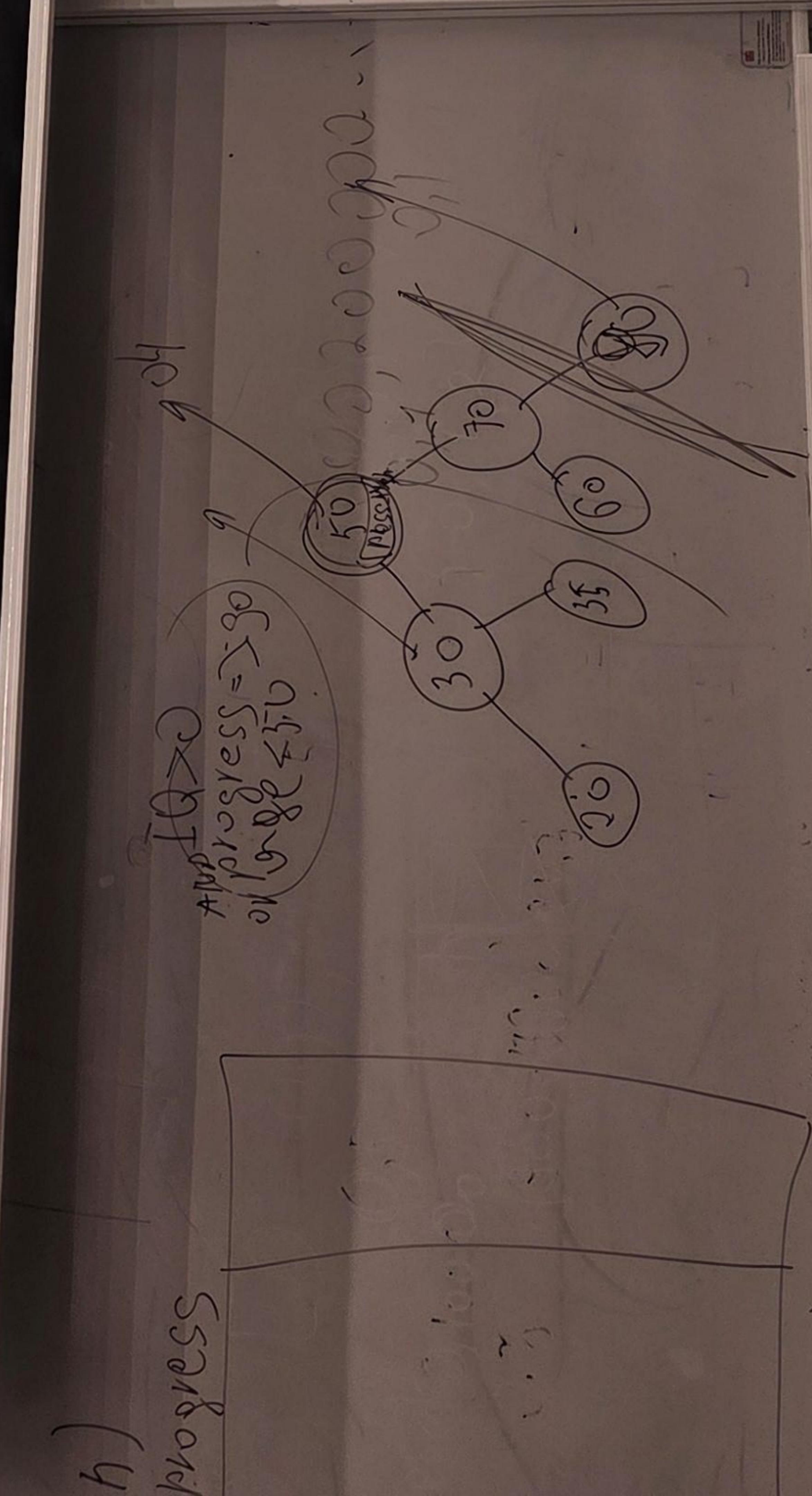
Сортировки

- PostgreSQL использует quicksort, чтобы выполнить операцию в оперативной памяти. Размер выделенной памяти для сортировки контролируется параметром `work_mem`.
- Если объем данных превышает значение `work_mem`, PostgreSQL может производить сортировку с временным сохранением промежуточных результатов на диске.
- В новых версиях PostgreSQL поддерживается параллельное выполнение операций сортировки.



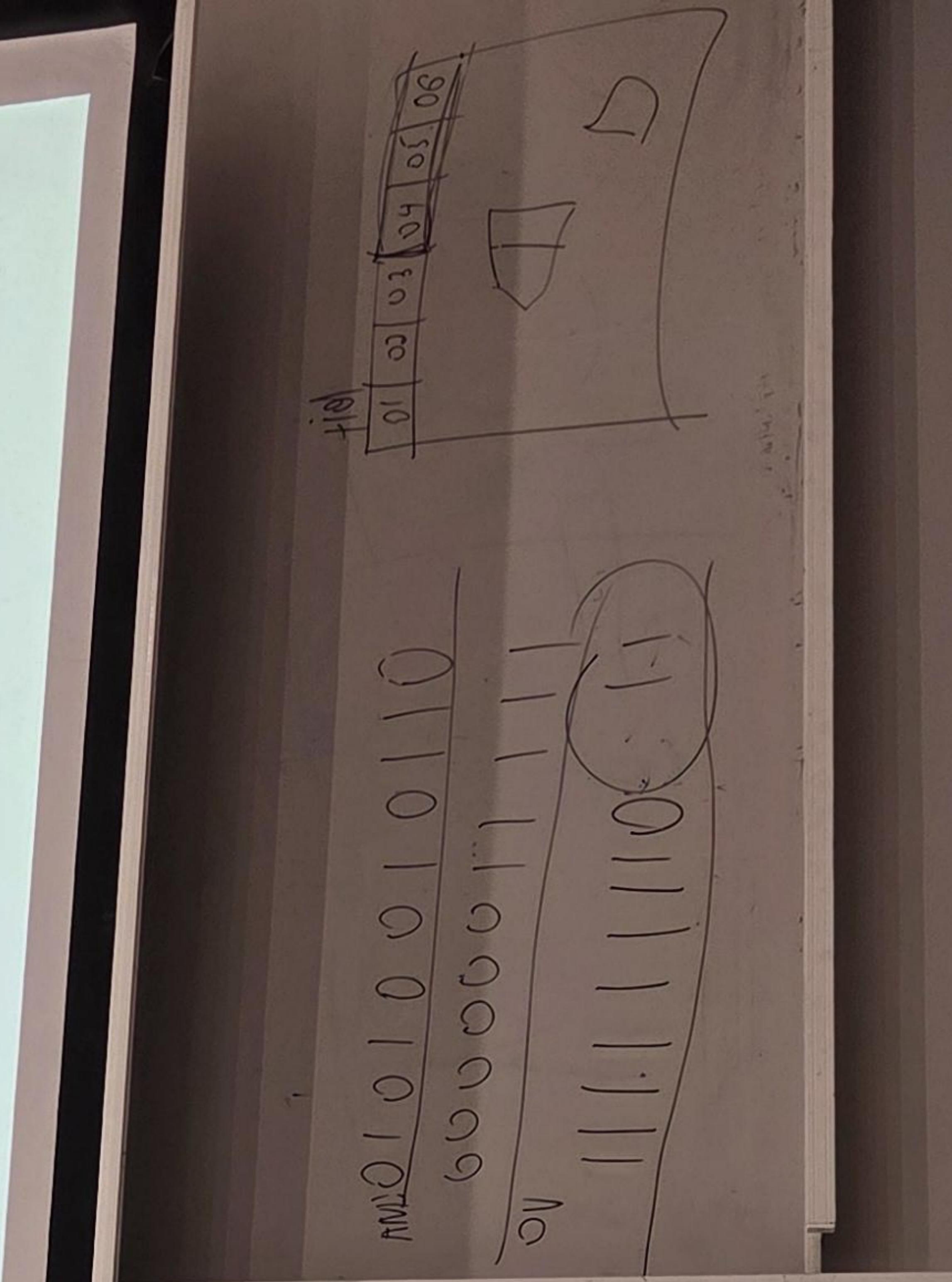
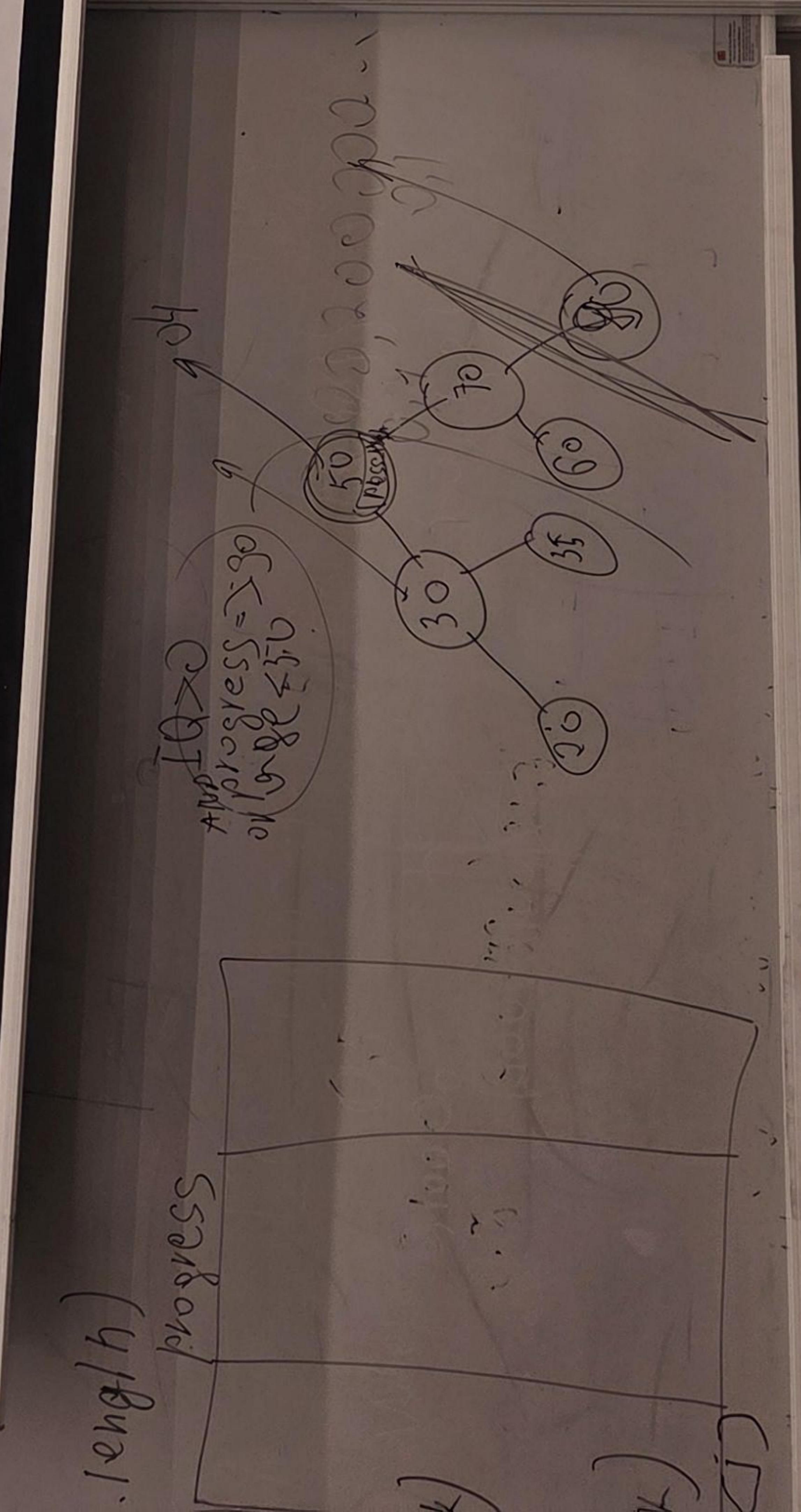
Ш
Т
О

- Идея была в том, что если **какой-то** вложенный запрос не сколько раз, то его можно определить на него столько раз, сколько потребуется их при повторных обращениях.



Shared buffers

- Представляют собой оперативную память, где PostgreSQL хранит копии страниц таблиц и индексов. Когда запрос попадает в этот кэш, он получает быстрее, чем в случае обращения к диску. Если страница найдена (hit), запрос выполняется быстрее, чем в этом кэше. Если страница не найдена (miss), запрос выполняется на диске.



Exploración

- Тип операций (узлов) плана
 - Оценки стоимости (cost).
 - Оценка количества строк
 - Размер данных (width)
 - Параллельное выполнение
 - Фактическое время выполнения.
 - Фактическое количество строк.
 - Число циклов/итераций

