In-place merge sort

merge-sort = $O(n \log n)$
merge = $O(\mathrm{n})$

Оценим первую итерацию алгоритма: $\frac{n}{2}\log\frac{n}{2}$
Вторая итерация: $\frac{n}{4}\log\frac{n}{4}+\frac{3}{4}n$
Третья: $\frac{n}{8}\log\frac{n}{8}+\frac{7}{8}n$
Тогда для i-ой итерации формула будет:

$$\frac{n}{2^i}\log(\frac{n}{2^i}) + \frac{(2^i-1)n}{2^i}$$

Максимум погружений: $\log_2 n$

Тогда общая работа за весь алгоритм:

$$\sum_{i=0}^{\log_2 n}\frac{n}{2^i}\log(\frac{n}{2^i}) + \frac{n}{2^i}$$

Оценим сверху слагаемые:

$$\frac{(2^i-1)n}{2^i} < n \ \Rightarrow \sum_{i=0}^{\log_2 n}\frac{n}{2^i} < n\log n$$

$$\sum_{i=0}^{\log_2 n}\frac{n}{2^i}\log(\frac{n}{2^i}) < \log n \sum_{i=0}^{\log_2 n}\frac{n}{2^i} < n\log n$$

Получаем, что вся сумма меньше чем $2n\log n$, значит сложность такой сортировки $O(n\log n)$.