

Сводка результатов анализа эффективности решателей

Предложения по наименованию пакета:

- Бустер-пакет ZyOpt решения задач смешанного линейного программирования,
- Бустер-пакет ZyOpt решения задач экстримальной комбинаторики,
- Бустер-пакет ZyOpt решения задач комбинаторной оптимизации.

Описание пакета Классические проприетарные (CPLEX, GUROBI etc.) и открытые (к примеру, HiGHS, SCIP, CBC) решатели задач смешанного линейного программирования по сути представляют собой эффективно реализованный (с некоторыми доработками) метод ветвей-и-границ, а также набор эвристик (FEASPUMP, FARKAS, RENS, GINS etc.), помогающих решателю сфокусироваться на *допустимости* решения, его *оптимальности* и пр. Эти методы хорошо изучены и многие годы подтверждают свою эффективность на практике.

Однако, часто встречаются группы / семейства проблем, на которых только этих методов оказывается не достаточно. Анализ перспективных направлений развития решателей смешанного целочисленного программирования показал, что наибольший интерес в последние годы представляют приемы построения «теплого старта» (на базе классического метода ветвей-и-границ).

Пакет ZyOpt как раз и представляет собой набор высокоуровневых эвристик построения *стартовой точки поиска решения* на базе различных стратегий фиксации переменных в решении без учета ограничений целочисленности, включая полуэмпирические стратегии и стратегии, основанные на методах классического машинного обучения. В текущей реализации пакета методы машинного обучения используются для решения задачи детектирования «квази нулевых» переменных релаксированного решения (то есть переменных, которые принимают нулевое значение в релаксированном решении, но в целочисленном решении принимают значения отличные от нуля). Такие переменные как правило составляют небольшую долю от общего числа, но существенно снижают эффективность процедуры поиска.

Другими словами, ключевая особенность ZyOpt заключается в том, что процедура поиска, как и обычно, опирается на связку «метод ветвей-и-границ + базовые эвристики», но ускорение достигается:

- за счет агрессивного снижения размерности задачи,
- и эвристического выбора стартовой точки на базе фиксации переменных.

ZyOpt поставляется в виде обычного Python-пакета и устанавливается как зависимость проекта. Но при необходимости может поставляться в виде Docker-образа или web-сервиса.

ZyOpt мультиплатформенный, так как основывается на мультиплатформенных решателях HiGHS и SCIP, однако вычислительные эксперименты показывают, что более высоких метрик качества удастся добиться на базе Unix-подобных операционных системах.

Используя интерфейс решателей HiGHS и SCIP, пакет ZyOpt может поддерживать обычные типы переменных (вещественные, бинарные и целочисленные), а также их полуаналоги – полувещественные и полуцелочисленные переменные.

ZyOpt допускает пользовательскую конфигурацию как на уровне настроек решателя, так и на уровне стратегий поиска решения. При необходимости можно собрать свою собственную реализацию метода с использованием интерфейса решателя SCIP.

Таблица 1. Сводка отклонений от решений CPLEX 12.8.0.0 по всему набору проблем. Проблемы сгруппированы по шифру завода и приведены в порядке «от простого к сложному»

| Проблемы группы ИКП | T, мин | Верхняя граница решения (без экспоненциальной части) | | | | |
|-------------------------------------|--------|--|-------------------|--------------------|----------------|--------------------|
| | | CBC | SCIP ^a | HiGHS ^b | ZyOpt | CPLEX ^c |
| 2023_08_YANOS_2693.mps | 1.0 | ∞ | 1.05(−0.16%) | 1.05(−0.07%) | 1.05(−0.10%) | 1.05 |
| 2023_07_YANOS_2690.mps | 1.0 | ∞ | ∞ | 1.23(−0.08%) | 1.23(+0.01%) | 1.23 |
| 2023_06_YANOS_KF_NB.mps | 3.0 | ∞ | 4.16(−1.92%) | 4.17(−1.98%) | 4.13(−1.22%) | 4.09 |
| 2023_06_YANOS_2688.mps | 5.0 | ∞ | 3.96(−0.47%) | 3.96(−0.56%) | 3.99(−1.33%) | 3.94 |
| 2023_06_YANOS_KF_NB_Int_Idle.mps | 5.0 | ∞ | 4.17(−1.92%) | ∞ | 4.20(−2.52%) | 4.09 |
| 2023_06_MNPZ_2673_KF_NB.mps | 2.0 | ∞ | ∞ | 6.66(−2.71%) | 6.68(−2.91%) | 6.49 |
| 2023_06_MNPZ_2673.mps | 3.0 | ∞ | ∞ | 6.53(−0.58%) | 6.61(−1.82%) | 6.49 |
| 2023_06_ONPZ_2683_no_KF_NPZ.mps | 5.0 | ∞ | ∞ | ∞ | 7.67(+10.35%) | 8.55 |
| 2023_03_ONPZ_1615.mps | 60.0 | ∞ | ∞ | ∞ | 1.31(+21.72%) | 1.67 |
| 2023_03_ONPZ_1615_Slacks_KF_NPZ.mps | 60.0 | ∞ | ∞ | ∞ | 10.13(−24.10%) | 8.17 |
| 2023_06_ONPZ_2683_Slacks_KF_NPZ.mps | 60.0 | ∞ | ∞ | 6.40(+52.05%) | 3.54(+73.48%) | 13.34 |
| 2023_03_3NPZ_1615_Slacks_KF_NPZ.mps | 120.0 | ∞ | ∞ | 2.64(−6.16%) | 1.36(+45.41%) | 2.49 |

T – Полное время расчета проблемы

a – SCIP 8.0.3

b – HiGHS 1.5.3

c – CPLEX 12.8.0.0 (база для сравнения)

Таблица 2. Сводка отклонений от решений CPLEX 12.8.0.0 по набору проблем <https://miplib.zib.de/> MIPLIB 2017

| Проблемы группы MIPLIB 2017 | Решатель | Нижняя граница | Верхняя граница | Зазор, % | Отклонение верхней границы от оптимального значения, % | Полное время расчета, мин |
|--------------------------------|--------------------|-------------------|--------------------|----------|---|------------------------------|
| csched008.mps | CBC | 171.0 | 183.0 | 7.0 | -5.8 | 120.0 ^d |
| — | SCIP ^a | 172.0 | 173.0 | 0.6 | 0.0 | 10.0 ^d |
| — | HiGHS ^b | 173.0 | 173.0 | 0.0 | 0.0 | 9.29 ^f |
| — | CPLEX ^c | 172.0 | 173.0 | 0.6 | 0.0 | 10.0 ^d |
| — | ZyOpt ^h | 174.0 | 174.0 | 0.0 | -0.6* | 1.15 ^f (+88.5%) |
| csched010.mps | CBC | 392.0 | 408.0 | 4.1 | 0.0 | 120.0 ^d |
| — | SCIP ^a | 408.0 | 408.0 | 0.0 | 0.0 | 39.1 ^d |
| — | HiGHS ^b | 408.0 | 408.0 | 0.0 | 0.0 | 30.7 ^f |
| — | CPLEX ^c | 408.0 | 408.0 | 0.0 | 0.0 | 15.2 ^f |
| — | ZyOpt ^h | 431.0 | 431.0 | 0.0 | -5.6* | 8.0 ^f (+47.4%) |
| atlanta-ip.mps | CBC | 86.04 | 92.0 | 6.9 | 2.2 | 120.0 ^d |
| — | SCIP ^a | 86.9 | 90.0 | 3.6 | 0.0 | 120.0 ^d |
| — | HiGHS ^b | 85.8 | 91.0 | 6.1 | 1.1 | 120.0 ^d |
| — | CPLEX ^c | 90.0 | 90.0 | 0.0 | 0.0 | 59.28 ^f |
| — | ZyOpt ^h | 95.0 | 95.0 | 0.0 | -5.6* | 0.19 ^f (+99.7%) |

a – SCIP 8.0.3

b – HiGHS 1.5.3

c – CPLEX 12.8.0.0 (база для сравнения)

d – Решение остановлено по времени

f – Решение остановлено по нулевому зазору

h – RELAX-PHASE: HiGHS (ipm), MILP-PHASE: HiGHS, STRATEGY: FIXATION+PERTURBATION, $p = 0.5$

* – Для того чтобы получить *оптимальное* решение за меньшее время,

можно подбирать значения гиперпараметров решателя на калибровочных проблемах

Таблица 3. Сводка результатов анализа эффективности
решателей на проблеме 2023_07_YANOS_2690.mps

NVars: 106674 (NBinVars: 0, NIntVars: 3069) NConss: 106029 NonzeroDensity: $2.5376 \cdot 10^{-5}$

| Решатель | Полное время расчета, мин | Верхняя граница решения, $\times 10^7$ | Целевая функция первого допустимого решения, $\times 10^7$ | Время поиска пер- вого допустимого решения, мин |
|-----------------------------|------------------------------|---|--|---|
| CPLEX 12.8.0.0 ^a | 1.00 ^b | 1.22864 | — | — |
| CBC | 1.00 ^b | ∞ | — | — |
| SCIP 8.0.3 | 1.00 ^b | ∞ | — | — |
| HiGHS 1.5.3 | 1.00 ^b | 1.229663 (−0.083%) | 1.229663 | 0.793 |
| ZyOpt ^c | 1.00 ^b | 1.228501 (+0.011%) | 1.231341 | 0.118 |

a — База для сравнения

b — Решение остановлено по времени

c — RELAX-PHASE: HiGHS (ipm), MILP-PHASE: HiGHS, STRATEGY: FIXATION

Таблица 4. Сводка результатов анализа эффективности
решателей на проблеме 2023_08_YANOS_2693.mps

NVars: 89608 (NBinVars: 0, NIntVars: 2480) NConss: 87714 NonzeroDensity: $2.9449 \cdot 10^{-5}$

| Решатель | Полное время расчета, мин | Верхняя граница решения, $\times 10^7$ | Целевая функция первого допустимого решения, $\times 10^7$ | Время поиска пер- вого допустимого решения, мин |
|-----------------------------|------------------------------|---|--|---|
| CPLEX 12.8.0.0 ^a | 1.00 ^b | 1.047947 | — | — |
| CBC | 1.00 ^b | ∞ | — | — |
| SCIP 8.0.3 | 1.00 ^b | 1.049621 (−0.159%) | 1.049621 | 0.65 |
| HiGHS 1.5.3 | 1.00 ^b | 1.048638 (−0.065%) | 1.089204 | 0.213 |
| ZyOpt ^c | 1.00 ^b | 1.048957 (−0.096%) | 1.059473 | 0.026 |

a — База для сравнения

b — Решение остановлено по времени

c — RELAX-PHASE: HiGHS (ipm), MILP-PHASE: HiGHS, STRATEGY: FIXATION

Таблица 5. Сводка результатов анализа эффективности
решателей на проблеме 2023_06_YANOS_2688.mps

NVars: 82442 (NBinVars: 0, NIntVars: 2790) NConss: 95839 NonzeroDensity: $3.0860 \cdot 10^{-5}$

| Решатель | Полное время расчета, мин | Верхняя граница решения, $\times 10^6$ | Целевая функция первого допустимого решения, $\times 10^6$ | Время поиска пер- вого допустимого решения, мин |
|-----------------------------|------------------------------|---|--|---|
| CPLEX 12.8.0.0 ^a | 5.00 ^b | 3.937876 | — | — |
| CBC | 5.00 ^b | ∞ | — | — |
| SCIP 8.0.3 | 5.00 ^b | 3.956423 (−0.471%) | 4.137448 | 0.516 |
| HiGHS 1.5.3 | 5.00 ^b | 3.959913 (−0.559%) | 4.555539 | 0.251 |
| ZyOpt ^c | 5.00 ^b | 3.990119 (−1.326%) | 4.366211 | 0.563 |

a — База для сравнения

b — Решение остановлено по времени

c — RELAX-PHASE: HiGHS (ipm), MILP-PHASE: HiGHS, STRATEGY: FIXATION

Таблица 6. Сводка результатов анализа эффективности
решателей на проблеме 2023_06_YANOS_KF_NB.mps

NVars: 87071 (NBinVars: 0, NIntVars: 3616) NConss: 100468 NonzeroDensity: $2.9191 \cdot 10^{-5}$

| Решатель | Полное время расчета, мин | Верхняя граница решения, $\times 10^6$ | Целевая функция первого допустимо- го решения, $\times 10^6$ | Время поиска пер- вого допустимого решения, мин |
|-----------------------------|------------------------------|---|--|---|
| CPLEX 12.8.0.0 ^a | 3.00 ^b | 4.084211 | — | — |
| CBC | 3.00 ^b | ∞ | — | — |
| SCIP 8.0.3 | 3.00 ^b | 4.162588 (−1.919%) | 4.371621 | 0.916 |
| HiGHS 1.5.3 | 3.00 ^b | 4.165121 (−1.981%) | 4.165115 | 1.293 |
| ZyOpt ^c | 3.00 ^b | 4.133916 (−1.216%) | 4.133916 | 2.116 |

a – База для сравнения

b – Решение остановлено по времени

c – RELAX-PHASE: HiGHS (ipm), MILP-PHASE: HiGHS, STRATEGY: FIXATION

Таблица 7. Сводка результатов анализа эффективности
решателей на проблеме 2023_06_YANOS_KF_NB_Int_Idle.mps

NVars: 87071 (NBinVars: 0, NIntVars: 6398) NConss: 100468 NonzeroDensity: $2.9191 \cdot 10^{-5}$

| Решатель | Полное время расчета, мин | Верхняя граница решения, $\times 10^6$ | Целевая функция первого допустимо- го решения, $\times 10^6$ | Время поиска пер- вого допустимого решения, мин |
|-----------------------------|------------------------------|---|--|---|
| CPLEX 12.8.0.0 ^a | 5.00 ^b | 4.0938 | — | — |
| CBC | 5.00 ^b | ∞ | — | — |
| SCIP 8.0.3 | 5.00 ^b | 4.172394 (−1.919%) | 4.258917 | 0.716 |
| HiGHS 1.5.3 | 5.00 ^b | ∞ | — | — |
| ZyOpt ^c | 5.00 ^b | 4.197091 (−2.523%) | 4.265474 | 0.418 |

a – База для сравнения

b – Решение остановлено по времени

c – RELAX-PHASE: HiGHS (ipm), MILP-PHASE: HiGHS, STRATEGY: FIXATION

Таблица 8. Сводка результатов анализа эффективности
решателей на проблеме 2023_06_MNPZ_2673.mps

NVars: 84821 (NBinVars: 0, NIntVars: 4588) NConss: 81624 NonzeroDensity: $3.1204 \cdot 10^{-5}$

| Решатель | Полное время расчета, мин | Верхняя граница решения, $\times 10^5$ | Целевая функция первого допустимо- го решения, $\times 10^5$ | Время поиска пер- вого допустимого решения, мин |
|-----------------------------|------------------------------|---|--|---|
| CPLEX 12.8.0.0 ^a | 3.00 ^b | 6.487557 | — | — |
| CBC | 3.00 ^b | ∞ | — | — |
| SCIP 8.0.3 | 3.00 ^b | ∞ | — | — |
| HiGHS 1.5.3 | 3.00 ^b | 6.52544 (−0.583%) | 6.68203 | 0.613 |
| ZyOpt ^c | 3.00 ^b | 6.60533 (−1.815%) | 6.66437 | 0.161 |

a – База для сравнения

b – Решение остановлено по времени

c – RELAX-PHASE: HiGHS (ipm), MILP-PHASE: HiGHS, STRATEGY: FIXATION

Таблица 9. Сводка результатов анализа эффективности решателей на проблеме 2023_06_MNPZ_2673_KF_NB.mps

NVars: 88344 (NBinVars: 0, NIntVars: 5390) NConss: 85147 NonzeroDensity: $2.9853 \cdot 10^{-5}$

| Решатель | Полное время расчета, мин | Верхняя граница решения, $\times 10^5$ | Целевая функция первого допустимого решения, $\times 10^5$ | Время поиска первого допустимого решения, мин |
|-----------------------------|---------------------------|--|--|---|
| CPLEX 12.8.0.0 ^a | 2.00 ^b | 6.487557 | — | — |
| CBC | 2.00 ^b | ∞ | — | — |
| SCIP 8.0.3 | 2.00 ^b | ∞ | — | — |
| HiGHS 1.5.3 | 2.00 ^b | 6.66327 (−2.708%) | 6.99123 | 0.521 |
| ZyOpt ^c | 2.00 ^b | 6.67619 (−2.907%) | 6.78893 | 0.166 |

^a – База для сравнения

^b – Решение остановлено по времени

^c – RELAX-PHASE: HiGHS (ipm), MILP-PHASE: HiGHS, STRATEGY: FIXATION

Таблица 10. Сводка результатов анализа эффективности решателей на проблеме 2023_06_ONPZ_2683_no_KF_NPZ.mps

NVars: 254389 (NBinVars: 0, NIntVars: 25410) NConss: 202597 NonzeroDensity: $1.3999 \cdot 10^{-5}$

| Решатель | Полное время расчета, мин | Верхняя граница решения, $\times 10^6$ | Целевая функция первого допустимого решения, $\times 10^6$ | Время поиска первого допустимого решения, мин |
|-----------------------------|---------------------------|--|--|---|
| CPLEX 12.8.0.0 ^a | 5.00 ^b | 8.551236 | — | — |
| CBC | 5.00 ^b | ∞ | — | — |
| SCIP 8.0.3 | 5.00 ^b | ∞ | — | — |
| HiGHS 1.5.3 | 5.00 ^b | ∞ | — | — |
| ZyOpt ^c | 5.00 ^b | 7.666215 (+10.349%) | 7.751731 | 0.256 |

^a – База для сравнения

^b – Решение остановлено по времени

^c – RELAX-PHASE: HiGHS (ipm), MILP-PHASE: HiGHS, STRATEGY: FIXATION

Таблица 11. Сводка результатов анализа эффективности решателей на проблеме 2023_03_ONPZ_1615.mps

NVars: 320066 (NBinVars: 62, NIntVars: 32972) NConss: 252539 NonzeroDensity: $1.1534 \cdot 10^{-5}$

| Решатель | Полное время расчета, мин | Верхняя граница решения, $\times 10^7$ | Целевая функция первого допустимого решения, $\times 10^7$ | Время поиска первого допустимого решения, мин |
|-----------------------------|---------------------------|--|--|---|
| CPLEX 12.8.0.0 ^a | 60.00 ^b | 1.671514 | — | — |
| CBC | 60.00 ^b | ∞ | — | — |
| SCIP 8.0.3 | 60.00 ^b | ∞ | — | — |
| HiGHS 1.5.3 | 60.00 ^b | ∞ | — | — |
| ZyOpt ^c | 60.00 ^b | 1.308493 (+21.718%) | 1.308493 | 15.463 |

^a – База для сравнения

^b – Решение остановлено по времени

^c – RELAX-PHASE: HiGHS (ipm), MILP-PHASE: HiGHS, STRATEGY: FIXATION

Таблица 12. Сводка результатов анализа эффективности
решателей на проблеме 2023_03_ONPZ_1615_Slacks_KF_NPZ.mps

NVars: 321478 (NBinVars: 62, NIntVars: 32972) NConss: 252539 NonzeroDensity: $1.1500 \cdot 10^{-5}$

| Решатель | Полное время расчета, мин | Верхняя граница решения, $\times 10^7$ | Целевая функция первого допустимо- го решения, $\times 10^7$ | Время поиска пер- вого допустимого решения, мин |
|-----------------------------|------------------------------|--|---|---|
| CPLEX 12.8.0.0 ^a | 60.00 ^b | 8.166203 | — | — |
| CBC | 60.00 ^b | ∞ | — | — |
| SCIP 8.0.3 | 60.00 ^b | ∞ | — | — |
| HiGHS 1.5.3 | 60.00 ^b | ∞ | — | — |
| ZyOpt ^c | 60.00 ^b | 10.133944 (−24.096%) | 15.871435 | 4.156 |

^a – База для сравнения

^b – Решение остановлено по времени

^c – RELAX-PHASE: HiGHS (ipm), MILP-PHASE: HiGHS, STRATEGY: FIXATION

Таблица 13. Сводка результатов анализа эффективности
решателей на проблеме 2023_06_ONPZ_2683_Slacks_KF_NPZ.mps

NVars: 256459 (NBinVars: 0, NIntVars: 26100) NConss: 203287 NonzeroDensity: $1.4414 \cdot 10^{-5}$

| Решатель | Полное время расчета, мин | Верхняя граница решения, $\times 10^8$ | Целевая функция первого допустимо- го решения, $\times 10^8$ | Время поиска пер- вого допустимого решения, мин |
|-----------------------------|------------------------------|--|---|---|
| CPLEX 12.8.0.0 ^a | 60.00 ^b | 13.34046 | — | — |
| CBC | 60.00 ^b | ∞ | — | — |
| SCIP 8.0.3 | 60.00 ^b | ∞ | — | — |
| HiGHS 1.5.3 | 60.00 ^b | 6.396971 (+52.048%) | 6.396971 | 21.746 |
| ZyOpt ^c | 60.00 ^b | 3.537829 (+73.48%) | 23.878683 | 0.413 |

^a – База для сравнения

^b – Решение остановлено по времени

^c – RELAX-PHASE: HiGHS (ipm), MILP-PHASE: HiGHS, STRATEGY: FIXATION

Таблица 14. Сводка результатов анализа эффективности
решателей на проблеме 2023_03_3NPZ_1615_Slacks_KF_NPZ.mps

NVars: 443669 (NBinVars: 93, NIntVars: 42835) NConss: 360300 NonzeroDensity: $8.2112 \cdot 10^{-6}$

| Решатель | Полное время расчета, мин | Верхняя граница решения, $\times 10^9$ | Целевая функция первого допустимо- го решения, $\times 10^9$ | Время поиска пер- вого допустимого решения, мин |
|-----------------------------|------------------------------|--|---|---|
| CPLEX 12.8.0.0 ^a | 120.00 ^b | 2.486351 | — | — |
| CBC | 120.00 ^b | ∞ | — | — |
| SCIP 8.0.3 | 120.00 ^b | ∞ | — | — |
| HiGHS 1.5.3 | 120.00 ^b | 2.639431 (−6.156%) | 2.639431 | 2.461 |
| ZyOpt ^c | 120.00 ^b | 1.357399 (+45.405%) | 1.357399 | 26.55 |

^a – База для сравнения

^b – Решение остановлено по времени

^c – RELAX-PHASE: HiGHS (ipm), MILP-PHASE: HiGHS, STRATEGY: FIXATION

Таблица 15. Сводка результатов анализа эффективности решателей на проблеме
https://miplib.zib.de/instance_details_csched008.html csched008.mps

NVars: 1536 (NBinVars: 1284, NIntVars: 0) NConss: 351 NonzeroDensity: 0.0105

| Решатель | Полное время расчета, мин | Верхняя граница решения, $\times 10^0$ | Целевая функция первого допустимого решения, $\times 10^0$ | Время поиска перво- го допустимого ре- шения, мин |
|-----------------------------|------------------------------|---|--|---|
| CPLEX 12.8.0.0 ^a | 10.00 ^b | 173 | — | — |
| CBC | 120.00 ^b | 183 | — | — |
| SCIP 8.0.3 | 10.00 ^b | 173 | 185 | 0.416 |
| HiGHS 1.5.3 | 9.29 | 173 | 189 | 0.021 |
| ZyOpt ^d | 1.14 ^c | 174 (−0.578%) | 186 | 0.026 |

a – База для сравнения

b – Решение остановлено по времени

c – Решение остановлено по нулевому зазору

d – RELAX-PHASE: HiGHS (ipm), MILP-PHASE: HiGHS, STRATEGY: FIXATION+PERTURBATION, $p = 0.5$

Таблица 16. Сводка результатов анализа эффективности решателей на проблеме
https://miplib.zib.de/instance_details_csched010.html csched010.mps

NVars: 1758 (NBinVars: 1457, NIntVars: 0) NConss: 351 NonzeroDensity: 0.0103

| Решатель | Полное время расчета, мин | Верхняя граница решения, $\times 10^0$ | Целевая функция первого допустимого решения, $\times 10^0$ | Время поиска перво- го допустимого ре- шения, мин |
|-----------------------------|------------------------------|---|--|---|
| CPLEX 12.8.0.0 ^a | 15.20 ^c | 408 | — | — |
| CBC | 120.00 ^b | 408 | — | — |
| SCIP 8.0.3 | 39.10 ^c | 408 | 552 | 0.666 |
| HiGHS 1.5.3 | 30.70 ^c | 408 | 598 | 2.281 |
| ZyOpt ^d | 8.00 ^c (+47.37%) | 431 (−5.637%) | 653 | 0.838 |

a – База для сравнения

b – Решение остановлено по времени

c – Решение остановлено по нулевому зазору

d – RELAX-PHASE: HiGHS (ipm), MILP-PHASE: HiGHS, STRATEGY: FIXATION+PERTURBATION, $p = 0.5$

Таблица 17. Сводка результатов анализа эффективности решателей на проблеме
https://miplib.zib.de/instance_details_atlanta-ip.html atlanta-ip.mps

NVars: 48738 (NBinVars: 46667, NIntVars: 106) NConss: 351 NonzeroDensity: $2.4314 \cdot 10^{-4}$

| Решатель | Полное время расчета, мин | Верхняя граница решения, $\times 10^0$ | Целевая функция первого допустимого решения, $\times 10^0$ | Время поиска перво- го допустимого ре- шения, мин |
|-----------------------------|------------------------------|---|--|---|
| CPLEX 12.8.0.0 ^a | 59.28 ^c | 90 | — | — |
| CBC | 120.00 ^b | 92 | — | — |
| SCIP 8.0.3 | 120.00 ^b | 90 | 102 | 3.783 |
| HiGHS 1.5.3 | 120.00 ^b | 91 | 94 | 2.75 |
| ZyOpt ^d | 0.19 ^c (+99.68%) | 95 (−5.555%) | 106 | 0.008 |

a – База для сравнения

b – Решение остановлено по времени

c – Решение остановлено по нулевому зазору

d – RELAX-PHASE: HiGHS (ipm), MILP-PHASE: HiGHS, STRATEGY: FIXATION+PERTURBATION, $p = 0.5$