|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  | УТВЕРЖДАЮ |
|  |  |  |  | Профессор кафедры ИАНИ института ИТММ ННГУ им.Н.И. Лобачевского |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  | Н.В. Старостин |
|  |  |  |  | «\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_20\_\_ г.  М.П. |

**НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА   
“МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОТОКА ЖИДКОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ, ОСНОВАННОГО НА ФИЗИЧЕСКИХ МОДЕЛЯХ”**

**Научно-технический отчет  
Приложение 1**

**02068143.00225-03-2**

**Листов 4**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | СОГЛАСОВАНО |  | СОГЛАСОВАНО |
|  |  | Старший преподаватель кафедры ИАНИ института ИТММ ННГУ им. Н.И. Лобачевского |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  | Д.В. Попов |  | Н.А. Хлопцев |
|  |  | «\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_20\_\_ г.  М.П. |  | «\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_20\_\_ г.  М.П. |

2022

**Аннотация**

Данное приложение является выходными данными для третьего вычислительного эксперимента из Научно-технического отчета (пункт 2.2.4). Таблица 1 отображает эти выходные данные.

Комбинация разных параметров и их значений: batch size – размер батча (1, 5, 10), lr – коэффициент скорости обучения (0.01, 0.001, 0.0001, 0.00001), decay – уменьшать ли коэффициент скорости обучения по прошествию итераций (истина, ложь), y – размер нейронной сети (4, 5, 6, 7).

epochs – количество итераций обучения, рассчитывается по формуле , где – обучающее множество, – размер батча.

Точность нейронной сети, рассчитанная через относительную ошибку (подробнее в Пояснительной записке, пункт Оценка полученных результатов): Pressure loss – относительная ошибка для плотности, Vel. loss – относительная ошибка для скорости, Smoke loss – относительная ошибка для концентрации, Overall loss – общая относительная ошибка.

Таблица отсортирована по общей относительной ошибке по возрастанию.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **epochs** | **batch size** | **lr** | **decay** | **y** | **Pressure loss** | **Vel. loss** | **Smoke loss** | **Overall loss** |
| 222 | 10 | 0.001 | ИСТИНА | 7 | 3.378896857 | 7.972711086 | 13.74286433 | 4.281432755 |
| 222 | 10 | 0.001 | ЛОЖЬ | 7 | 3.17907173 | 9.100514099 | 15.96222876 | 4.356475011 |
| 111 | 5 | 0.001 | ИСТИНА | 7 | 3.581458553 | 8.100485403 | 14.110975 | 4.577854693 |
| 222 | 10 | 0.01 | ИСТИНА | 7 | 3.372050181 | 9.288195059 | 15.81327914 | 4.647916038 |
| 222 | 10 | 0.001 | ИСТИНА | 6 | 3.578074042 | 9.046701454 | 15.24843773 | 4.739349663 |
| 222 | 10 | 0.001 | ИСТИНА | 5 | 3.252036825 | 10.91012277 | 14.82129732 | 4.78196487 |
| 222 | 10 | 0.001 | ЛОЖЬ | 6 | 3.928663652 | 8.684196115 | 19.38442586 | 5.090312943 |
| 222 | 10 | 0.0001 | ЛОЖЬ | 7 | 3.611519063 | 11.01879945 | 16.31452315 | 5.115290783 |
| 111 | 5 | 0.001 | ЛОЖЬ | 7 | 4.131835802 | 7.914795913 | 20.23976208 | 5.156119298 |
| 111 | 5 | 0.001 | ИСТИНА | 6 | 3.847654209 | 9.541557409 | 16.06531765 | 5.161899742 |
| 111 | 5 | 0.001 | ИСТИНА | 5 | 3.702595852 | 10.80574287 | 18.2820294 | 5.18810901 |
| 111 | 5 | 0.01 | ИСТИНА | 7 | 3.926552836 | 10.55681352 | 15.87633643 | 5.241417762 |
| 111 | 5 | 0.0001 | ЛОЖЬ | 7 | 3.749235323 | 10.99098128 | 17.85694218 | 5.354964115 |
| 111 | 5 | 0.01 | ИСТИНА | 6 | 3.823961783 | 9.782231688 | 19.28269197 | 5.372483585 |
| 111 | 5 | 0.0001 | ИСТИНА | 7 | 3.693580234 | 9.800611153 | 20.45788844 | 5.401357405 |
| 222 | 10 | 0.01 | ИСТИНА | 5 | 3.758575073 | 10.60662819 | 21.83529644 | 5.457122035 |
| 111 | 5 | 0.0001 | ЛОЖЬ | 6 | 3.988556389 | 11.61130146 | 17.8420331 | 5.481722139 |
| 222 | 10 | 0.0001 | ИСТИНА | 6 | 3.858994983 | 11.34978403 | 19.41868255 | 5.49380786 |
| 222 | 10 | 0.01 | ИСТИНА | 6 | 4.04867777 | 10.69531022 | 18.7329666 | 5.508250602 |
| 222 | 10 | 0.0001 | ЛОЖЬ | 5 | 3.874711877 | 12.75206055 | 18.56205411 | 5.591838539 |
| 222 | 10 | 0.0001 | ИСТИНА | 7 | 4.04429318 | 10.0726509 | 18.53283468 | 5.64651854 |
| 222 | 10 | 0.0001 | ЛОЖЬ | 6 | 3.836234724 | 12.66667986 | 19.68286456 | 5.730783224 |
| 111 | 5 | 0.0001 | ИСТИНА | 5 | 3.843265885 | 13.22805946 | 18.7992072 | 5.768442586 |
| 222 | 10 | 0.001 | ЛОЖЬ | 5 | 4.292014755 | 10.8526261 | 24.63324086 | 5.865351364 |
| 22 | 1 | 0.0001 | ИСТИНА | 7 | 4.136214478 | 11.57656646 | 22.45059437 | 5.909757573 |
| 111 | 5 | 0.001 | ИСТИНА | 4 | 4.048379099 | 12.43367324 | 17.59986668 | 5.922610871 |
| 111 | 5 | 0.001 | ЛОЖЬ | 6 | 4.634025559 | 10.2611666 | 23.30408543 | 5.996747155 |
| 111 | 5 | 0.0001 | ИСТИНА | 6 | 4.043922707 | 11.30386262 | 20.40417849 | 6.001665756 |
| 222 | 10 | 0.0001 | ИСТИНА | 5 | 4.079484146 | 12.5922975 | 21.68065066 | 6.077705476 |
| 22 | 1 | 0.001 | ИСТИНА | 4 | 4.276259664 | 14.85005975 | 16.51954251 | 6.163081314 |
| 111 | 5 | 0.001 | ЛОЖЬ | 4 | 4.323849808 | 12.53527708 | 19.02971402 | 6.16657155 |
| 111 | 5 | 0.0001 | ЛОЖЬ | 5 | 4.390133979 | 12.30000079 | 22.27477506 | 6.196515225 |
| 222 | 10 | 0.00001 | ЛОЖЬ | 7 | 3.804899149 | 15.47694528 | 22.58239689 | 6.196608741 |
| 222 | 10 | 0.001 | ИСТИНА | 4 | 4.603692465 | 11.99776672 | 20.8344045 | 6.225594174 |
| 111 | 5 | 0.01 | ИСТИНА | 5 | 4.411290077 | 12.46867454 | 23.07805002 | 6.34693554 |
| 222 | 10 | 0.01 | ИСТИНА | 4 | 4.32862513 | 12.49763577 | 22.72540818 | 6.388449196 |
| 111 | 5 | 0.001 | ЛОЖЬ | 5 | 4.813203052 | 11.48878076 | 19.18198925 | 6.430936884 |
| 22 | 1 | 0.0001 | ЛОЖЬ | 7 | 4.732915092 | 12.99507268 | 20.85956886 | 6.486045707 |
| 111 | 5 | 0.01 | ИСТИНА | 4 | 4.486231491 | 14.5312117 | 22.72351946 | 6.695584971 |
| 222 | 10 | 0.001 | ЛОЖЬ | 4 | 4.832040209 | 13.38880387 | 25.60802029 | 6.742799327 |
| 22 | 1 | 0.0001 | ИСТИНА | 6 | 4.805566473 | 15.08516979 | 22.51185644 | 7.028980017 |
| 222 | 10 | 0.0001 | ЛОЖЬ | 4 | 4.99529181 | 13.96842101 | 23.31508072 | 7.071197845 |
| 111 | 5 | 0.00001 | ЛОЖЬ | 7 | 4.597780135 | 15.27153368 | 26.26206911 | 7.153607637 |
| 222 | 10 | 0.0001 | ИСТИНА | 4 | 5.00858997 | 14.30849659 | 27.47583111 | 7.351246644 |
| 222 | 10 | 0.00001 | ИСТИНА | 7 | 4.83238573 | 15.16311713 | 28.885773 | 7.42887529 |
| 111 | 5 | 0.0001 | ЛОЖЬ | 4 | 5.310674915 | 14.22293538 | 25.39942016 | 7.453823131 |
| 22 | 1 | 0.001 | ЛОЖЬ | 4 | 5.504183957 | 16.01120144 | 23.93354508 | 7.576325785 |
| 22 | 1 | 0.0001 | ЛОЖЬ | 5 | 5.491691254 | 15.41885759 | 24.92320819 | 7.637371555 |
| 111 | 5 | 0.0001 | ИСТИНА | 4 | 5.500970969 | 14.44607946 | 26.82689406 | 7.650727805 |
| 22 | 1 | 0.0001 | ЛОЖЬ | 6 | 5.787343349 | 14.8928632 | 25.26717444 | 7.709501643 |
| 222 | 10 | 0.01 | ЛОЖЬ | 7 | 5.556892835 | 14.76614571 | 42.02374992 | 7.876659036 |
| 22 | 1 | 0.0001 | ЛОЖЬ | 4 | 5.454351898 | 17.8211446 | 24.01985307 | 7.881479986 |
| 22 | 1 | 0.0001 | ИСТИНА | 5 | 5.708726682 | 16.23832923 | 23.96905217 | 7.939675018 |
| 222 | 10 | 0.00001 | ЛОЖЬ | 6 | 5.417071432 | 15.88471401 | 30.52170162 | 7.958407823 |
| 111 | 5 | 0.00001 | ИСТИНА | 7 | 5.624154162 | 15.25729492 | 36.31940781 | 8.099954117 |
| 22 | 1 | 0.001 | ЛОЖЬ | 5 | 6.62166262 | 14.09557952 | 31.75900608 | 8.424892843 |
| 111 | 5 | 0.00001 | ЛОЖЬ | 6 | 5.882771865 | 16.25023688 | 31.20581059 | 8.464986749 |
| 222 | 10 | 0.00001 | ИСТИНА | 6 | 5.874510653 | 17.63548405 | 31.89267412 | 8.578566946 |
| 22 | 1 | 0.01 | ИСТИНА | 5 | 6.970241804 | 18.70190451 | 18.45996852 | 8.739814654 |
| 22 | 1 | 0.001 | ИСТИНА | 5 | 7.761473142 | 15.57179298 | 20.29193915 | 8.974548731 |
| 111 | 5 | 0.00001 | ИСТИНА | 6 | 6.419848807 | 18.46385512 | 31.9753032 | 9.119101472 |
| 22 | 1 | 0.01 | ИСТИНА | 6 | 7.884282172 | 15.54765534 | 22.68219063 | 9.260445766 |
| 222 | 10 | 0.00001 | ЛОЖЬ | 5 | 6.58009363 | 17.84048946 | 37.18046881 | 9.380740449 |
| 222 | 10 | 0.01 | ЛОЖЬ | 6 | 6.308509856 | 21.78991519 | 42.88234127 | 9.650193155 |
| 22 | 1 | 0.01 | ИСТИНА | 4 | 7.771371298 | 16.61221033 | 26.56438085 | 9.671617463 |
| 111 | 5 | 0.00001 | ЛОЖЬ | 5 | 6.978349358 | 18.59136024 | 38.70058122 | 9.953315623 |
| 22 | 1 | 0.01 | ИСТИНА | 7 | 7.429633919 | 19.93093966 | 41.88201416 | 10.00631609 |
| 22 | 1 | 0.00001 | ИСТИНА | 7 | 6.926015161 | 19.0951352 | 41.96848254 | 10.04869475 |
| 22 | 1 | 0.00001 | ЛОЖЬ | 7 | 6.943837356 | 18.68677323 | 41.61958747 | 10.12883481 |
| 111 | 5 | 0.01 | ЛОЖЬ | 7 | 5.607166797 | 23.32167286 | 39.82053897 | 10.1328518 |
| 22 | 1 | 0.0001 | ИСТИНА | 4 | 7.540039703 | 16.65545028 | 45.2617023 | 10.21632291 |
| 22 | 1 | 0.00001 | ЛОЖЬ | 6 | 7.032343734 | 20.60426818 | 45.21966708 | 10.24523725 |
| 22 | 1 | 0.001 | ЛОЖЬ | 6 | 7.263973441 | 21.83224533 | 60.06978333 | 10.53302415 |
| 22 | 1 | 0.001 | ИСТИНА | 7 | 8.879652984 | 18.12872596 | 28.04203963 | 10.68382642 |
| 222 | 10 | 0.00001 | ИСТИНА | 5 | 8.079927698 | 18.60734531 | 39.47979316 | 10.9213731 |
| 222 | 10 | 0.00001 | ЛОЖЬ | 4 | 8.480173431 | 19.73042709 | 42.6546917 | 11.22494362 |
| 222 | 10 | 0.01 | ЛОЖЬ | 5 | 7.326852851 | 25.54593025 | 56.78992236 | 11.61342864 |
| 111 | 5 | 0.00001 | ЛОЖЬ | 4 | 8.667768285 | 20.8640728 | 47.70143384 | 11.7016954 |
| 22 | 1 | 0.001 | ИСТИНА | 6 | 11.25576168 | 15.85587975 | 30.02387273 | 12.15825374 |
| 222 | 10 | 0.01 | ЛОЖЬ | 4 | 7.438479349 | 29.54960054 | 47.63542691 | 12.18645473 |
| 111 | 5 | 0.00001 | ИСТИНА | 5 | 9.53373038 | 19.46668306 | 49.57940471 | 12.30676565 |
| 111 | 5 | 0.01 | ЛОЖЬ | 6 | 6.651028544 | 31.70061615 | 73.25283033 | 12.6367176 |
| 22 | 1 | 0.00001 | ИСТИНА | 6 | 9.340882272 | 23.25016344 | 61.33737448 | 13.21839631 |
| 111 | 5 | 0.00001 | ИСТИНА | 4 | 10.442538 | 22.42419446 | 49.26976907 | 13.38673028 |
| 222 | 10 | 0.00001 | ИСТИНА | 4 | 10.55799454 | 21.71262759 | 61.5158757 | 13.94148342 |
| 22 | 1 | 0.00001 | ЛОЖЬ | 5 | 10.28377045 | 23.2017186 | 71.71408275 | 13.9870522 |
| 22 | 1 | 0.01 | ЛОЖЬ | 7 | 11.70474943 | 23.718876 | 64.69721663 | 14.62662192 |
| 22 | 1 | 0.001 | ЛОЖЬ | 7 | 10.29294105 | 28.67866996 | 74.87280023 | 14.81727062 |
| 22 | 1 | 0.00001 | ИСТИНА | 5 | 11.82288921 | 29.21170646 | 77.05286059 | 16.86881207 |
| 22 | 1 | 0.00001 | ЛОЖЬ | 4 | 11.9909547 | 30.99602267 | 70.67790455 | 17.24086021 |
| 111 | 5 | 0.01 | ЛОЖЬ | 4 | 12.47434534 | 37.15413791 | 95.91321802 | 18.70726737 |
| 22 | 1 | 0.01 | ЛОЖЬ | 6 | 10.11383508 | 58.99645662 | 132.9268249 | 20.21841791 |
| 22 | 1 | 0.00001 | ИСТИНА | 4 | 13.30188897 | 64.18315291 | 95.56798661 | 26.39991263 |
| 111 | 5 | 0.01 | ЛОЖЬ | 5 | 9.869578823 | 102.6694901 | 315.0975534 | 31.36218721 |
| 22 | 1 | 0.01 | ЛОЖЬ | 4 | 36.07107687 | 55.95223153 | 300.5146408 | 45.17698568 |
| 22 | 1 | 0.01 | ЛОЖЬ | 5 | 156.0487318 | 1383.920579 | 4049.235508 | 472.6696796 |

Таблица 1. Выходные данные третьего вычислительного эксперимента