



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДВФУ)

ИНСТИТУТ МАТЕМАТИКИ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Департамент математического и компьютерного моделирования

Отчет Вариант №3

по дисциплине
«Вычислительная математика»

Направление подготовки
02.03.01 «Математика и компьютерные науки»

Выполнила студентка
группы Б9122-02.03.01сцт
Винницкая Д.

(ФИО)

(подпись)

« 17 » октября 20 24 г.

**г. Владивосток
2024**

1 Цель работы

Исследование матричных норм и зависимости ошибки решения системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) от числа обусловленности матрицы.

2 Постановка задачи

1. Составить 5 случайных матриц A_k размером 25x25.
2. Вычислить норму матриц по вашему варианту.
3. Найти число обусловленности для каждой матрицы.
4. Исследовать матрицу Вандермонда и найти её число обусловленности и векторную норму между полученным и точным решением.

3 Полученные пять матриц A_k

Ниже приведены пять случайных матриц размером 25x25, сгенерированные для данной лабораторной работы.

| | |
|----|--|
| 1 | [[0.382 0.68 0.993 0.862 0.68 0.753 0.68 0.759 0.294 0.831 0.795 |
| 2 | 0.752 0.659 0.156 0.155 0.941 |
| 3 | 0.408 0.137 0.685 0.296 0.574 0.864 0.132 0.339 0.031] |
| 4 | [0.407 0.576 0.851 0.357 0.542 0.861 0.235 0.604 0.997 0.04 0.461 |
| 5 | 0.743 0.475 0.557 0.937 0.237 |
| 6 | 0.388 0.771 0.479 0.455 0.385 0.243 0.848 0.115 0.535] |
| 7 | [0.402 0.296 0.351 0.267 0.631 0.67 0.997 0.173 0.52 0.311 0.376 |
| 8 | 0.961 0.528 0.219 0.375 0.683 |
| 9 | 0.555 0.269 0.808 0.916 0.971 0.281 0.679 0.389 0.207] |
| 10 | [0.309 0.806 0.02 0.371 0.658 0.142 0.778 0.848 0.288 0.902 0.555 |
| 11 | 0.915 0.062 0.492 0.499 0.81 |
| 12 | 0.471 0.735 0.903 0.824 0.095 0.227 0.631 0.727 0.946] |
| 13 | [0.713 0.64 0.201 0.428 0.276 0.847 0.229 0.128 0.782 0.708 0.128 |
| 14 | 0.775 0.551 0.315 0.788 0.958 |
| 15 | 0.507 0.722 0.734 0.617 0.39 0.532 0.958 0.541 0.762] |
| 16 | [0.425 0.131 0.174 0.584 0.876 0.218 0.69 0.745 0.254 0.215 0.664 |
| 17 | 0.783 0.214 0.979 0.132 0.529 |
| 18 | 0.904 0.353 0.654 0.31 0.331 0.563 0.925 0.074 0.99] |
| 19 | [0.635 0.911 0.281 0.781 0.022 0.726 0.905 0.753 0.137 0.568 0.706 |
| 20 | 0.661 0.568 0.056 0.204 0.933 |
| 21 | 0.844 0.135 0.654 0.249 0.312 0.688 0.03 0.335 0.555] |
| 22 | [0.995 0.123 0.502 0.595 0.837 0.258 0.13 0.999 0.625 0.045 0.67 |
| 23 | 0.12 0.328 0.445 0.977 0.391 |
| 24 | 0.746 0.858 0.077 0.626 0.354 0.493 0.425 0.746 0.188] |
| 25 | [0.077 0.962 0.94 0.693 0.31 0.464 0.217 0.077 0.026 0.116 0.425 |
| 26 | 0.684 0.129 0.721 0.077 0.904 |
| 27 | 0.693 0.994 0.853 0.481 0.987 0.309 0.784 0.118 0.952] |
| 28 | [0.081 0.659 0.298 0.937 0.757 0.521 0.658 0.915 0.792 0.083 0.78 |
| 29 | 0.806 0.776 0.489 0.271 0.012 |
| 30 | 0.475 0.023 0.908 0.881 0.528 0.168 0.296 0.636 0.798] |
| 31 | [0.993 0.468 0.63 0.164 0.49 0.221 0.395 0.542 0.467 0.051 0.449 |
| 32 | 0.497 0.6 0.132 0.186 0.066 |
| 33 | 0.929 0.297 0.08 0.565 0.312 0.913 0.013 0.281 0.606] |
| 34 | [0.736 0.753 0.473 0.873 0.61 0.723 0.994 0.467 0.67 0.507 0.021 |
| 35 | 0.796 0.787 0.314 0.508 0.293 |
| 36 | 0.918 0.184 0.647 0.684 0.389 0.286 0.116 0.667 0.529] |
| 37 | [0.783 0.002 0.033 0.347 0.142 0.902 0.725 0.466 0.203 0.422 0.608 |
| 38 | 0.206 0.337 0.771 0.332 0.574 |
| 39 | 0.599 0.331 0.119 0.318 0.283 0.367 0.854 0.085 0.099] |
| 40 | [0.065 0.054 0.48 0.218 0.896 0.044 0.815 0.049 0.03 0.746 0.611 |
| 41 | 0.939 0.868 0.811 0.666 0.777 |
| 42 | 0.139 0.651 0.835 0.925 0.829 0.471 0.722 0.596 0.456] |
| 43 | [0.718 0.103 0.831 0.128 0. 0.945 0.18 0.662 0.046 0.783 0.377 |
| 44 | 0.613 0.061 0.648 0.595 0.61 |
| 45 | 0.156 0.135 0.024 0.364 0.925 0.794 0.407 0.089 0.37] |
| 46 | [0.344 0.829 0.617 0.665 0.516 0.631 0.709 0.48 0.86 0.308 0.836 |
| 47 | 0.753 0.207 0.023 0.039 0.041 |
| 48 | 0.494 0.237 0.668 0.739 0.19 0.707 0.56 0.505 0.065] |
| 49 | [0.865 0.39 0.552 0.604 0.628 0.718 0.195 0.245 0.117 0.07 0.179 |

| | |
|----|--|
| | 0.095 0.672 0.927 0.464 0.539 |
| 34 | 0.494 0.665 0.056 0.299 0.36 0.656 0.245 0.435 0.518] |
| 35 | [0.483 0.94 0.006 0.728 0.244 0.55 0.68 0.775 0.583 0.616 0.272 |
| | 0.392 0.601 0.783 0.919 0.799 |
| 36 | 0.371 0.669 0.092 0.124 0.266 0.753 0.278 0.967 0.025] |
| 37 | [0.844 0.329 0.967 0.915 0.556 0.323 0.263 0.592 0.244 0.326 0.387 |
| | 0.221 0.629 0.051 0.242 0.436 |
| 38 | 0.585 0.161 0.195 0.332 0.114 0.545 0.325 0.038 0.823] |
| 39 | [0.068 0.978 0.019 0.727 0.917 0.862 0.67 0.015 0.208 0.113 0.708 |
| | 0.178 0.81 0.163 0.351 0.616 |
| 40 | 0.263 0.69 0.333 0.341 0.672 0.138 0.675 0.241 0.388] |
| 41 | [0.965 0.3 0.979 0.184 0.415 0.164 0.201 0.69 0.37 0.613 0.44 |
| | 0.299 0.405 0.228 0.345 0.625 |
| 42 | 0.715 0.645 0.632 0.477 0.888 0.61 0.121 0.3 0.869] |
| 43 | [0.785 0.326 0.398 0.99 0.417 0.674 0.577 0.65 0.612 0.217 0.322 |
| | 0.874 0.703 0.677 0.018 0.537 |
| 44 | 0.875 0.756 0.304 0.643 0.263 0.849 0.86 0.637 0.675] |
| 45 | [0.6 0.96 0.152 0.526 0.844 0.868 0.41 0.68 0.359 0.434 0.506 |
| | 0.163 0.687 0.71 0.04 0.245 |
| 46 | 0.449 0.089 0.351 0.852 0.94 0.148 0.353 0.874 0.051] |
| 47 | [0.992 0.528 0.499 0.816 0.757 0.163 0.513 0.065 0.023 0.494 0.07 |
| | 0.281 0.914 0.186 0.98 0.231 |
| 48 | 0.936 0.284 0.907 0.007 0.136 0.109 0.696 0.954 0.884] |
| 49 | [0.913 0.927 0.929 0.775 0.056 0.792 0.726 0.458 0.676 0.073 0.46 |
| | 0.837 0.254 0.145 0.403 0.375 |
| 50 | 0.352 0.937 0.722 0.451 0.823 0.498 0.801 0.257 0.829]] |

Листинг 1: Матрица 1

Норма матрицы 1: 0.5856

Число обусловленности матрицы 1: 68.7607

| | |
|----|---|
| 1 | [[0.327 0.843 0.101 0.671 0.444 0.243 0.103 0.366 0.812 0.968 0.547 |
| | 0.188 0.733 0.774 0.144 0.035 |
| 2 | 0.447 0.827 0.265 0.56 0.161 0.397 0.683 0.201 0.959] |
| 3 | [0.169 0.132 0.501 0.826 0.977 0.374 0.462 0.475 0.063 0.292 0.961 |
| | 0.399 0.939 0.168 0.928 0.882 |
| 4 | 0.102 0.806 0.618 0.325 0.029 0.535 0.543 0.332 0.815] |
| 5 | [0.82 0.313 0.763 0.892 0.744 0.536 0.827 0.644 0.428 0.378 0.129 |
| | 0.609 0.731 0.065 0.056 0.159 |
| 6 | 0.185 0.689 0.6 0.902 0.283 0.532 0.42 0.381 0.545] |
| 7 | [0.552 0.824 0.521 0.563 0.104 0.29 0.249 0.596 0.481 0.176 0.428 |
| | 0.036 0.442 0.92 0.358 0.162 |
| 8 | 0.586 0.474 0.277 0.068 0.165 0.94 0.258 0.731 0.534] |
| 9 | [0.697 0.104 0.579 0.967 0.218 0.374 0.092 0.463 0.625 0.658 0.211 |
| | 0.765 0.932 0.601 0.683 0.649 |
| 10 | 0.681 0.419 0.816 0.485 0.02 0.337 0.774 0.075 0.468] |
| 11 | [0.603 0.659 0.024 0.675 0.665 0.165 0.245 0.192 0.48 0.555 0.549 |
| | 0.504 0.769 0.97 0.028 0.318 |
| 12 | 0.425 0.536 0.726 0.804 0.823 0.343 0.279 0.522 0.532] |
| 13 | [0.603 0.622 0.014 0.475 0.771 0.071 0.49 0.352 0.102 0.295 0.12 |
| | 0.654 0.735 0.952 0.73 0.188 |
| 14 | 0.662 0.009 0.564 0.012 0.416 0.854 0.81 0.509 0.867] |
| 15 | [0.283 0.214 0.805 0.303 0.672 0.779 0.465 0.813 0.981 0.911 0.93 |
| | 0.447 0.571 0.768 0.397 0.41 |

| | | | | | | | | | | | |
|----|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|
| 16 | 0.34 | 0.058 | 0.139 | 0.642 | 0.793 | 0.179 | 0.508 | 0.122 | 0.46 |] | |
| 17 | [0.57 | 0.084 | 0.355 | 0.521 | 0.761 | 0.742 | 0.509 | 0.507 | 0.317 | 0.837 | 0.708 |
| | 0.779 | 0.643 | 0.417 | 0.886 | 0.025 | | | | | | |
| 18 | 0.604 | 0.188 | 0.218 | 0.359 | 0.491 | 0.693 | 0.491 | 0.427 | 0.492] | | |
| 19 | [0.982 | 0.518 | 0.924 | 0.299 | 0.704 | 0.201 | 0.678 | 0.134 | 0.338 | 0.5 | 0.455 |
| | 0.277 | 0.832 | 0.859 | 0.084 | 0.446 | | | | | | |
| 20 | 0.918 | 0.085 | 0.143 | 0.93 | 0.074 | 0.569 | 0.574 | 0.941 | 0.885] | | |
| 21 | [0.25 | 0.797 | 0.54 | 0.162 | 0.621 | 0.663 | 0.786 | 0.833 | 0.04 | 0.754 | 0.67 |
| | 0.663 | 0.51 | 0.898 | 0.997 | 0.525 | | | | | | |
| 22 | 0.61 | 0.373 | 0.969 | 0.076 | 0.289 | 0.921 | 0.563 | 0.634 | 0.677] | | |
| 23 | [0.056 | 0.108 | 0.029 | 0.182 | 0.245 | 0.635 | 0.887 | 0.095 | 0.45 | 0.389 | 0.512 |
| | 0.574 | 0.931 | 0.355 | 0.096 | 0.221 | | | | | | |
| 24 | 0.199 | 0.006 | 0.749 | 0.171 | 0.732 | 0.677 | 0.766 | 0.231 | 0.166] | | |
| 25 | [0.325 | 0.05 | 0.115 | 0.263 | 0.184 | 0.43 | 0.908 | 0.019 | 0.682 | 0.765 | 0.605 |
| | 0.424 | 0.795 | 0.796 | 0.388 | 0.773 | | | | | | |
| 26 | 0.754 | 0.443 | 0.883 | 0.935 | 0.462 | 0.607 | 0.446 | 0.453 | 0.266] | | |
| 27 | [0.365 | 0.643 | 0.644 | 0.921 | 0.4 | 0.05 | 0.019 | 0.188 | 0.73 | 0.722 | 0.044 |
| | 0.003 | 0.712 | 0.808 | 0.453 | 0.71 | | | | | | |
| 28 | 0.224 | 0.498 | 0.158 | 0.902 | 0.669 | 0.594 | 0.509 | 0.396 | 0.177] | | |
| 29 | [0.449 | 0.49 | 0.794 | 0.273 | 0.503 | 0.39 | 0.003 | 0.451 | 0.386 | 0.272 | 0.954 |
| | 0.549 | 0.232 | 0.485 | 0.584 | 0.228 | | | | | | |
| 30 | 0.831 | 0.352 | 0.949 | 0.645 | 0.502 | 0.152 | 0.345 | 0.909 | 0.518] | | |
| 31 | [0.022 | 0.843 | 0.886 | 0.277 | 0.263 | 0.061 | 0.581 | 0.968 | 0.561 | 0.041 | 0.922 |
| | 0.654 | 0.872 | 0.561 | 0.64 | 0.86 | | | | | | |
| 32 | 0.098 | 0.28 | 0.348 | 0.257 | 0.689 | 0.033 | 0.195 | 0.668 | 0.435] | | |
| 33 | [0.091 | 0.145 | 0.918 | 0.54 | 0.402 | 0.072 | 0.18 | 0.826 | 0.979 | 0.05 | 0.836 |
| | 0.547 | 0.414 | 0.834 | 0.188 | 0.082 | | | | | | |
| 34 | 0.095 | 0.043 | 0.214 | 0.554 | 0.181 | 0.7 | 0.731 | 0.931 | 0.236] | | |
| 35 | [0.412 | 0.387 | 0.624 | 0.046 | 0.751 | 0.825 | 0.816 | 0.967 | 0.535 | 0.561 | 0.092 |
| | 0.854 | 0.027 | 0.19 | 0.582 | 0.091 | | | | | | |
| 36 | 0.03 | 0.79 | 0.56 | 0.75 | 0.968 | 0.527 | 0.389 | 0.662 | 0.616] | | |
| 37 | [0.908 | 0.22 | 0.839 | 0.306 | 0.719 | 0.972 | 0.428 | 0.139 | 0.837 | 0.616 | 0.525 |
| | 0.04 | 0.734 | 0.462 | 0.508 | 0.182 | | | | | | |
| 38 | 0.521 | 0.14 | 0.252 | 0.467 | 0.923 | 0.411 | 0.439 | 0.499 | 0.596] | | |
| 39 | [0.435 | 0.457 | 0.78 | 0.559 | 0.885 | 0.696 | 0.813 | 0.013 | 0.493 | 0.396 | 0.432 |
| | 0.541 | 0.882 | 0.6 | 0.775 | 0.571 | | | | | | |
| 40 | 0.025 | 0.594 | 0.951 | 0.613 | 0.464 | 0.047 | 0.987 | 0.845 | 0.416] | | |
| 41 | [0.94 | 0.254 | 0.946 | 0.542 | 0.643 | 0.408 | 0.073 | 0.395 | 0.463 | 0.39 | 0.227 |
| | 0.409 | 0.984 | 0.615 | 0.494 | 0.78 | | | | | | |
| 42 | 0.222 | 0.404 | 0.676 | 0.553 | 0.462 | 0.014 | 0.288 | 0.732 | 0.947] | | |
| 43 | [0.396 | 0.527 | 0.156 | 0.554 | 0.626 | 0.799 | 0.598 | 0.863 | 0.22 | 0.215 | 0.81 |
| | 0.28 | 0.938 | 0.334 | 0.098 | 0.648 | | | | | | |
| 44 | 0.902 | 0.116 | 0.655 | 0.618 | 0.044 | 0.315 | 0.482 | 0.251 | 0.957] | | |
| 45 | [0.066 | 0.917 | 0.862 | 0.8 | 0.551 | 0.05 | 0.52 | 0.291 | 0.724 | 0.39 | 0.721 |
| | 0.817 | 0.998 | 0.59 | 0.745 | 0.026 | | | | | | |
| 46 | 0.669 | 0.182 | 0.361 | 0.295 | 0.881 | 0.955 | 0.202 | 0.137 | 0.475] | | |
| 47 | [0.371 | 0.999 | 0.432 | 0.572 | 0.665 | 0.908 | 0.774 | 0.584 | 0.96 | 0.626 | 0.617 |
| | 0.427 | 0.622 | 0.8 | 0.004 | 0.915 | | | | | | |
| 48 | 0.501 | 0.135 | 0.678 | 0.032 | 0.483 | 0.752 | 0.619 | 0.269 | 0.95 |] | |
| 49 | [0.635 | 0.7 | 0.684 | 0.346 | 0.51 | 0.23 | 0.086 | 0.711 | 0.549 | 0.53 | 0.924 |
| | 0.147 | 0.647 | 0.194 | 0.328 | 0.99 | | | | | | |
| 50 | 0.314 | 0.351 | 0.325 | 0.219 | 0.855 | 0.603 | 0.528 | 0.101 | 0.231]] | | |

Листинг 2: Матрица 2

Норма матрицы 2: 0.5929

Число обусловленности матрицы 2: 2453.8745

| | |
|----|---|
| 1 | [[0.291 0.165 0.739 0.476 0.5 0.061 0.948 0.508 0.264 0.209 0.739 0.544 0.614 0.44 0.754 0.241 |
| 2 | 0.996 0.989 0.851 0.1 0.521 0.401 0.206 0.871 0.373] |
| 3 | [0.257 0.851 0.215 0.076 0.137 0.918 0.899 0.585 0.899 0.1 0.996 1. 0.838 0.007 0.55 0.731 |
| 4 | 0.17 0.883 0.739 0.356 0.944 0.099 0.174 0.556 0.197] |
| 5 | [0.44 0.206 0.17 0.959 0.182 0.85 0.388 0.705 0.602 0.02 0.908 0.305 0.143 0.363 0.094 0.458 |
| 6 | 0.053 0.01 0.972 0.777 0.305 0.402 0.569 0.909 0.024] |
| 7 | [0.357 0.445 0.7 0.828 0.885 0.966 0.959 0.407 0.767 0.188 0.861 0.514 0.318 0.714 0.01 0.645 |
| 8 | 0.862 0.478 0.371 0.622 0.346 0.929 0.816 0.949 0.264] |
| 9 | [0.567 0.704 0.273 0.59 0.906 0.639 0.135 0.36 0.534 0.257 0.205 0.386 0.744 0.508 0.172 0.377 |
| 10 | 0.241 0.552 0. 0.843 0.929 0.429 0.037 0.248 0.615] |
| 11 | [0.521 0.427 0.907 0.375 0.507 0.295 0.717 0.498 0.913 0.587 0.953 0.849 0.292 0.605 0.184 0.312 |
| 12 | 0.666 0.29 0.593 0.099 0.652 0.991 0.404 0.482 0.119] |
| 13 | [0.407 0.517 0.407 0.374 0.165 0.884 0.965 0.502 0.543 0.705 0.76 0.281 0.15 0.53 0.797 0.678 |
| 14 | 0.745 0.688 0.204 0.155 0.504 0.769 0.659 0.599 0.748] |
| 15 | [0.884 0.406 0.233 0.055 0.196 0.154 0.201 0.604 0.607 0.627 0.826 0.669 0.707 0.405 0.381 0.091 |
| 16 | 0.835 0.239 0.531 0.904 0.374 0.367 0.994 0.759 0.533] |
| 17 | [0.568 0.718 0.276 0.126 0.094 0.941 0.501 0.48 0.145 0.495 0.796 0.617 0.999 0.081 0.956 0.105 |
| 18 | 0.189 0.257 0.581 0.001 0.316 0.425 0.272 0.306 0.59] |
| 19 | [0.128 0.619 0.957 0.915 0.356 0.474 0.585 0.028 0.841 0.416 0.261 0.611 0.436 0.652 0.569 0.154 |
| 20 | 0.929 0.656 0.589 0.006 0.965 0.745 0.769 0.71 0.35] |
| 21 | [0.811 0.141 0.534 0.674 0.768 0.608 0.619 0.615 0.246 0.474 0.945 0.403 0.938 0.042 0.778 0.308 |
| 22 | 0.231 0.368 0.676 0.624 0.655 0.902 0.643 0.141 0.033] |
| 23 | [0.379 0.228 0.662 0.917 0.381 0.514 0.593 0.395 0.998 0.679 0.483 0.593 0.737 0.483 0.836 0.074 |
| 24 | 0.746 0.577 0.104 0.975 0.595 0.273 0.326 0.038 0.814] |
| 25 | [0.534 0.191 0.567 0.459 0.084 0.786 0.753 0.806 0.32 0.833 0.278 0.875 0.552 0.404 0.036 0.64 |
| 26 | 0.191 0.331 0.294 0.35 0.626 0.094 0.31 0.876 0.874] |
| 27 | [0.995 0.438 0.219 0.502 0.664 0.108 0.865 0.584 0.979 0.972 0.394 0.783 0.651 0.606 0.866 0.231 |
| 28 | 0.858 0.36 0.681 0.156 0.753 0.718 0.518 0.065 0.156] |
| 29 | [0.196 0.577 0.261 0.263 0.699 0.52 0.05 0.693 0.628 0.013 0.531 0.287 0.431 0.323 0.626 0.506 |
| 30 | 0.476 0.689 0.62 0.375 0.972 0.559 0.655 0.722 0.638] |
| 31 | [0.499 0.981 0.593 0.288 0.258 0.701 0.608 0.428 0.463 0.645 0.195 0.538 0.897 0.473 0.501 0.249 |
| 32 | 0.688 0.288 0.441 0.662 0.655 0.148 0.522 0.045 0.107] |
| 33 | [0.759 0.064 0.775 0.586 0.855 0.604 0.46 0.539 0.783 0.902 0.879 0.647 0.345 0.021 0.499 0.88 |
| 34 | 0.482 0.103 0.226 0.944 0.544 0.6 0.061 0.622 0.721] |
| 35 | [0.599 0.504 0.792 0.448 0.487 0.945 0.179 0.059 0.015 0.149 0.307 |

| | |
|----|--|
| | 0.67 0.009 0.105 0.167 0.982 |
| 36 | 0.551 0.958 0.924 0.513 0.492 0.553 0.238 0.198 0.679] |
| 37 | [0.5 0.525 0.641 0.622 0.914 0.557 0.453 0.315 0.119 0.396 0.19 |
| | 0.169 0.956 0.373 0.649 0.629 |
| 38 | 0.124 0.477 0.254 0.767 0.483 0.662 0.096 0.215 0.528] |
| 39 | [0.196 0.972 0.816 0.787 0.528 0.055 0.009 0.394 0.154 0.892 0.373 |
| | 0.906 0.988 0.498 0.759 0.11 |
| 40 | 0.536 0.913 0.447 0.977 0.353 0.942 0.667 0.97 0.758] |
| 41 | [0.792 0.547 0.406 0.55 0.257 0.907 0.265 0.24 0.357 0.78 0.258 |
| | 0.864 0.404 0.214 0.95 0.563 |
| 42 | 0.318 0.053 0.861 0.615 0.982 0.59 0.423 0.647 0.52] |
| 43 | [0.509 0.264 0.879 0.57 0.117 0.723 0.618 0.348 0.614 0.88 0.586 |
| | 0.554 0.599 0.967 0.642 0.128 |
| 44 | 0.982 0.811 0.467 0.209 0.957 0.234 0.486 0.251 0.84] |
| 45 | [0.114 0.383 0.828 0.807 0.261 0.906 0.211 0.476 0.744 0.569 0.61 |
| | 0.595 0.915 0.579 0.856 0.544 |
| 46 | 0.578 0.103 0.69 0.409 0.483 0.415 0.01 0.517 0.157] |
| 47 | [0.181 0.466 0.916 0.076 0.45 0.944 0.166 0.252 0.659 0.05 0.955 |
| | 0.033 0.455 0.319 0.115 0.292 |
| 48 | 0.255 0.916 0.758 0.322 0.584 0.659 0.863 0.184 0.569] |
| 49 | [0.185 0.468 0.393 0.291 0.91 0.382 0.159 0.044 0.201 0.024 0.925 |
| | 0.49 0.783 0.11 0.877 0.501 |
| 50 | 0.418 0.383 0.447 0.415 0.315 0.03 0.228 0.629 0.755]] |

Листинг 3: Матрица 3

Норма матрицы 3: 0.6080

Число обусловленности матрицы 3: 2399.1782

| | |
|----|--|
| 1 | [[0.55 0.325 0.138 0.56 0.713 0.579 0.552 0.679 0.988 0.214 0.6 |
| | 0.907 0.845 0.464 0.37 0.129 |
| 2 | 0.95 0.505 0.489 0.718 0.389 0.618 0.137 0.988 0.616] |
| 3 | [0.78 0.154 0.229 0.693 0.194 0.835 0.151 0.572 0.914 0.927 0.545 |
| | 0.822 0.479 0.648 0.742 0.336 |
| 4 | 0.305 0.301 0.627 0.926 0.939 0.542 0.786 0.705 0.39] |
| 5 | [0.534 0.851 0.833 0.263 0.167 0.048 0.766 0.94 0.318 0.583 0.055 |
| | 0.853 0.64 0.033 0.284 0.071 |
| 6 | 0.037 0.322 0.12 0.119 0.625 0.38 0.846 0.429 0.539] |
| 7 | [0.585 0.26 0.577 0.555 0.531 0.387 0.076 0.96 0.936 0.608 0.532 |
| | 0.287 0.056 0.219 0.219 0.724 |
| 8 | 0.763 0.108 0.357 0.514 0.115 0.032 0.819 0.232 0.087] |
| 9 | [0.988 0.991 0.125 0.313 0.044 0.209 0.639 0.45 0.595 0.968 0.993 |
| | 0.697 0.2 0.146 0.063 0.03 |
| 10 | 0.736 0.743 0.922 0.952 0.99 0.809 0.596 0.888 0.716] |
| 11 | [0.867 0.771 0.515 0.098 0.817 0.893 0.849 0.286 0.154 0.121 0.764 |
| | 0.666 0.546 0.346 0.118 0.752 |
| 12 | 0.378 0.907 0.81 0.124 0.856 0.279 0.243 0.66 0.294] |
| 13 | [0.211 0.907 0.101 0.979 0.368 0.439 0.827 0.517 0.971 0.716 0.064 |
| | 0.752 0.936 0.36 0.768 0.245 |
| 14 | 0.71 0.522 0.976 0.395 0.885 0.384 0.921 0.16 0.826] |
| 15 | [0.831 0.601 0.009 0.436 0.278 0.467 0.34 0.385 0.146 0.024 0.503 |
| | 0.398 0.237 0.417 0.087 0.02 |
| 16 | 0.804 0.748 0.167 0.689 0.946 0.421 0.324 0.152 0.773] |
| 17 | [0.479 0.28 0.802 0.784 0.517 0.788 0.245 0.757 0.215 0.295 0.036 |
| | 0.538 0.701 0.251 0.379 0.553 |

| | |
|----|--|
| 18 | 0.354 0.41 0.218 0.555 0.334 0.647 0.724 0.692 0.187] |
| 19 | [0.483 0.074 0.707 0.195 0.149 0.317 0.27 0.575 0.174 0.666 0.1 |
| | 0.312 0.734 0.718 0.618 0.064 |
| 20 | 0.683 0.607 0.145 0.159 0.825 0.987 0.295 0.511 0.827] |
| 21 | [0.502 0.58 0.739 0.362 0.265 0.522 0.038 0.596 0.88 0.47 0.488 |
| | 0.309 0.395 0.399 0.598 0.965 |
| 22 | 0.614 0.695 0.006 0.013 0.869 0.578 0.972 0.627 0.665] |
| 23 | [0.014 0.455 0.245 0.146 0.974 0.232 0.25 0.728 0.106 0.733 0.593 |
| | 0.647 0.014 0.208 0.817 0.079 |
| 24 | 0.328 0.174 0.613 0.335 0.126 0.747 0.97 0.444 0.433] |
| 25 | [0.57 0.204 0.415 0.801 0.795 0.027 0.594 0.863 0.427 0.592 0.818 |
| | 0.06 0.446 0.361 0.261 0.338 |
| 26 | 0.386 0.272 0.093 0.951 0.123 0.976 0.774 0.463 0.055] |
| 27 | [0.402 0.249 0.364 0.785 0.306 0.453 0.192 0.02 0.749 0.198 0.169 |
| | 0.226 0.493 0.141 0.486 0.321 |
| 28 | 0.908 0.183 0.144 0.281 0.432 0.414 0.699 0.24 0.019] |
| 29 | [0.861 0.978 0.835 0.359 0.881 0.847 0.865 0.306 0.242 0.248 0.274 |
| | 0.412 0.607 0.638 0.577 0.712 |
| 30 | 0.538 0.336 0.911 0.097 0.42 0.446 0.951 0.577 0.913] |
| 31 | [0.916 0.478 0.076 0.203 0.423 0.685 0.139 0.82 0.23 0.876 0.045 |
| | 0.685 0.903 0.457 0.904 0.808 |
| 32 | 0.258 0.032 0.161 0.868 0.746 0.52 0.827 0.473 0.437] |
| 33 | [0.366 0.543 0.945 0.726 0.738 0.964 0.302 0.002 0.752 0.177 0.179 |
| | 0.789 0.625 0.51 0.69 0.612 |
| 34 | 0.383 0.072 0.797 0.844 0.565 0.786 0.992 0.676 0.64] |
| 35 | [0.394 0.994 0.523 0.01 0.296 0.099 0.5 0.174 0.964 0.09 0.874 |
| | 0.237 0.785 0.143 0.044 0.771 |
| 36 | 0.339 0.039 0.371 0.789 0.197 0.201 0.366 0.387 0.277] |
| 37 | [0.421 0.736 0.594 0.098 0.316 0.526 0.677 0.766 0.828 0.815 0.236 |
| | 0.362 0.936 0.337 0.119 0.516 |
| 38 | 0.884 0.011 0.213 0.611 0.041 0.525 0.451 0.541 0.284] |
| 39 | [0.913 0.758 0.957 0.665 0.593 0.854 0.16 0.958 0.009 0.421 0.3 |
| | 0.02 0.723 0.609 0.282 0.864 |
| 40 | 0.198 0.998 0.739 0.416 0.421 0.665 0.887 0.959 0.955] |
| 41 | [0.213 0.926 0.974 0.363 0.222 0.776 0.998 0.484 0.397 0.411 0.391 |
| | 0.076 0.684 0.915 0.411 0.145 |
| 42 | 0.89 0.761 0.139 0.797 0.464 0.715 0.245 0.143 0.025] |
| 43 | [0.401 0.267 0.858 0.998 0.54 0.104 0.126 0.444 0.074 0.731 0.924 |
| | 0.636 0.358 0.782 0.622 0.568 |
| 44 | 0.708 0.974 0.788 0.114 0.716 0.947 0.51 0.803 0.389] |
| 45 | [0.744 0.812 0.502 0.68 0.224 0.099 0.873 0.83 0.204 0.666 0.285 |
| | 0.549 0.906 0.308 0.811 0.475 |
| 46 | 0.675 0.673 0.883 0.386 0.323 0.532 0.839 0.627 0.888] |
| 47 | [0.775 0.315 0.79 0.577 0.96 0.209 0.691 0.04 0.253 0.173 0.107 |
| | 0.141 0.307 0.642 0.343 0.536 |
| 48 | 0.349 0.738 0.821 0.94 0.283 0.134 0.561 0.811 0.59] |
| 49 | [0.294 0.549 0.426 0. 0.077 0.219 0.249 0.666 0.984 0.247 0.124 |
| | 0.059 0.705 0.561 0.897 0.261 |
| 50 | 0.368 0.282 0.564 0.16 0.748 0.189 0.666 0.414 0.78]] |

Листинг 4: Матрица 4

Норма матрицы 4: 0.6130

Число обусловленности матрицы 4: 37.5830

| | |
|----|--|
| 1 | [[0.549 0.79 0.402 0.695 0.836 0.874 0.881 0.598 0.655 0.099 0.729 |
| 2 | 0.952 0.145 0.787 0.203 0.165 |
| 3 | 0.952 0.252 0.063 0.832 0.374 0.521 0.52 0.869 0.149] |
| 4 | [0.679 0.996 0.044 0.484 0.769 0.789 0.017 0.153 0.124 0.405 0.555 |
| 5 | 0.054 0.218 0.329 0.956 0.842 |
| 6 | 0.27 0.07 0.589 0.017 0.376 0.556 0.423 0.99 0.954] |
| 7 | [0.935 0.004 0.762 0.564 0.821 0.791 0.055 0.365 0.978 0.658 0.098 |
| 8 | 0.063 0.3 0.389 0.707 0.077 |
| 9 | 0.234 0.238 0.705 0.018 0.017 0.813 0.825 0.508 0.448] |
| 10 | [0.618 0.511 0.275 0.53 0.269 0.74 0.396 0.989 0.501 0.17 0.589 |
| 11 | 0.25 0.737 0.657 0.55 0.25 |
| 12 | 0.623 0.737 0.479 0.014 0.363 0.063 0.089 0.286 0.215] |
| 13 | [0.966 0.514 0.7 0.31 0.714 0.196 0.621 0.726 0.003 0.754 0.475 |
| 14 | 0.203 0.326 0.075 0.913 0.193 |
| 15 | 0.59 0.881 0.905 0.979 0.432 0.546 0.529 0. 0.445] |
| 16 | [0.128 0.562 0.374 0.877 0.665 0.068 0.057 0.537 0.293 0.35 0.861 |
| 17 | 0.149 0.536 0.552 0.439 0.292 |
| 18 | 0.674 0.247 0.864 0.766 0.792 0.581 0.305 0.48 0.641] |
| 19 | [0.762 0.761 0.184 0.44 0.649 0.813 0.851 0.817 0.01 0.42 0.226 |
| 20 | 0.98 0.251 0.698 0.677 0.214 |
| 21 | 0.936 0.825 0.025 0.577 0.877 0.961 0.562 0.787 0.915] |
| 22 | [0.278 0.251 0.074 0.948 0.375 0.008 0.76 0.243 0.772 0.765 0.587 |
| 23 | 0.802 0.919 0.645 0.258 0.827 |
| 24 | 0.932 0.96 0.008 0.905 0.148 0.743 0.355 0.656 0.661] |
| 25 | [0.955 0.11 0.612 0.909 0.513 0.426 0.987 0.021 0.018 0.883 0.929 |
| 26 | 0.954 0.572 0.069 0.663 0.116 |
| 27 | 0.031 0.681 0.836 0.938 0.284 0.747 0.166 0.11 0.745] |
| 28 | [0.552 0.603 0.671 0.763 0.209 0.756 0.639 0.295 0.773 0.488 0.594 |
| 29 | 0.847 0.301 0.603 0.833 0.292 |
| 30 | 0.75 0.589 0.408 0.966 0.918 0.67 0.415 0.183 0.658] |
| 31 | [0.892 0.667 0.844 0.219 0.984 0.408 0.266 0.145 0.406 0.309 0.144 |
| 32 | 0.282 0.896 0.222 0.375 0.573 |
| 33 | 0.749 0.185 0.518 0.48 0.538 0.673 0.687 0.381 0.381] |
| 34 | [0.424 0.279 0.235 0.572 0.032 0.173 0.495 0.425 0.502 0.015 0.708 |
| 35 | 0.435 0.26 0.028 0.845 0.707 |
| 36 | 0.931 0.567 0.313 0.666 0.674 0.036 0.876 0.288 0.457] |
| 37 | [0.969 0.66 0.621 0.752 0.382 0.287 0.274 0.716 0.219 0.003 0.579 |
| 38 | 0.317 0.012 0.731 0.63 0.081 |
| 39 | 0.654 0.484 0.751 0.317 0.417 0.904 0.978 0.939 0.194] |
| 40 | [0.456 0.637 0.825 0.147 0.417 0.135 0.893 0.173 0.564 0.486 0.092 |
| 41 | 0.925 0.782 0.496 0.42 0.641 |
| 42 | 0.832 0.663 0.421 0.021 0.973 0.468 0.84 0.868 0.564] |
| 43 | [0.568 0.63 0.227 0.949 0.739 0.333 0.448 0.662 0.679 0.689 0.317 |
| 44 | 0.151 0.74 0.388 0.971 0.506 |
| 45 | 0.259 0.939 0.532 0.245 0.626 0.46 0.686 0.887 0.741] |
| 46 | [0.828 0.171 0.655 0.31 0.19 0.475 0.53 0.224 0.362 0.27 0.973 |
| 47 | 0.74 0.521 0.458 0.234 0.973 |
| 48 | 0.876 0.859 0.184 0.448 0.111 0.547 0.27 0.762 0.105] |
| 49 | [0.795 0.803 0.884 0.164 0.568 0.906 0.597 0.504 0.054 0.452 0.083 |
| 50 | 0.096 0.081 0.741 0.481 0.661 |
| 51 | 0.965 0.885 0.876 0.827 0.343 0.347 0.738 0.335 0.733] |
| 52 | [0.083 0.277 0.87 0.768 0.962 0.039 0.034 0.985 0.761 0.739 0.594 |
| 53 | 0.145 0.259 0.329 0.748 0.185 |
| 54 | 0.582 0.714 0.252 0.382 0.862 0.168 0.184 0.494 0.316] |

| | |
|----|--|
| 37 | [0.107 0.616 0.825 0.699 0.294 0.41 0.448 0.36 0.046 0.222 0.823 |
| | 0.886 0.978 0.657 0.567 0.409 |
| 38 | 0.69 0.541 0.119 0.405 0.793 0.423 0.964 0.284 0.271] |
| 39 | [0.429 0.679 0.559 0.614 0.332 0.094 0.307 0.259 0.637 0.567 0.197 |
| | 0.349 0.376 0.236 0.489 0.14 |
| 40 | 0.87 0.647 0.41 0.5 0.03 0.266 0.069 0.346 0.691] |
| 41 | [0.489 0.693 0.676 0.056 0.831 0.514 0.493 0.319 0.724 0.729 0.13 |
| | 0.609 0.125 0.666 0.86 0.749 |
| 42 | 0.914 0.998 0.217 0.118 0.307 0.437 0.863 0.351 0.994] |
| 43 | [0.089 0.907 0.3 0.317 0.833 0.908 0.587 0.137 0.438 0.454 0.448 |
| | 0.408 0.813 0.767 0.748 0.935 |
| 44 | 0.251 0.879 0.892 0.59 0.159 0.362 0.161 0.401 0.661] |
| 45 | [0.915 0.495 0.06 0.567 0.685 0.015 0.607 0.974 0.74 0.109 0.657 |
| | 0.036 0.918 0.399 0.191 0.299 |
| 46 | 0.037 0.501 0.977 0.729 0.993 0.59 0.769 0.3 0.384] |
| 47 | [0.071 0.254 0.54 0.132 0.695 0.515 0.487 0.421 0.806 0.798 0.338 |
| | 0.642 0.248 0.523 0.137 0.653 |
| 48 | 0.601 0.651 0.575 0.213 0.978 0.8 0.993 0.348 0.256] |
| 49 | [0.888 0.117 0.085 0.185 0.745 0.881 0.205 0.761 0.711 0.009 0.586 |
| | 0.302 0.199 0.039 0.667 0.196 |
| 50 | 0.33 0.39 0.116 0.74 0.508 0.699 0.857 0.743 0.042]] |

Листинг 5: Матрица 5

Норма матрицы 5: 0.6088

Число обусловленности матрицы 5: 44.6541

4 Результаты вычислений

4.1 Норма матриц и число обусловленности

В таблице ниже приведены нормы и числа обусловленности для каждой сгенерированной матрицы:

| k | Норма матрицы $\ A_k\ $ | Число обусловленности $\text{cond}(A_k)$ |
|---|-------------------------|--|
| 1 | 0.5856 | 68.7607 |
| 2 | 0.5929 | 2453.8745 |
| 3 | 0.6080 | 2399.1782 |
| 4 | 0.6130 | 37.5830 |
| 5 | 0.6088 | 44.6541 |

4.2 Матрица Вандермонда

| | |
|----|---|
| 1 | [[1. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. |
| 2 | 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0.] |
| 3 | [1. 0.042 0.002 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. |
| 4 | 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0.] |
| 5 | [1. 0.083 0.007 0.001 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. |
| 6 | 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0.] |
| 7 | [1. 0.125 0.016 0.002 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. |
| 8 | 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0.] |
| 9 | [1. 0.167 0.028 0.005 0.001 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. |
| 10 | 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0.] |
| 11 | [1. 0.208 0.043 0.009 0.002 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. |
| 12 | 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0.] |
| 13 | [1. 0.25 0.062 0.016 0.004 0.001 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. |
| 14 | 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0.] |
| 15 | [1. 0.292 0.085 0.025 0.007 0.002 0.001 0. 0. 0. 0. 0. 0. |
| 16 | 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0.] |
| 17 | [1. 0.333 0.111 0.037 0.012 0.004 0.001 0. 0. 0. 0. 0. 0. |
| 18 | 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0.] |
| 19 | [1. 0.375 0.141 0.053 0.02 0.007 0.003 0.001 0. 0. 0. 0. 0. |
| 20 | 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0.] |
| 21 | [1. 0.417 0.174 0.072 0.03 0.013 0.005 0.002 0.001 0. 0. 0. 0. |
| 22 | 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0.] |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----|
| 23 | [1. | 0.458 | 0.21 | 0.096 | 0.044 | 0.02 | 0.009 | 0.004 | 0.002 | 0.001 | 0. | 0. |
| | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. |] | | |
| 24 | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. |] | | |
| 25 | [1. | 0.5 | 0.25 | 0.125 | 0.062 | 0.031 | 0.016 | 0.008 | 0.004 | 0.002 | 0.001 | 0. |
| | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. |] | | |
| 26 | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. |] | | |
| 27 | [1. | 0.542 | 0.293 | 0.159 | 0.086 | 0.047 | 0.025 | 0.014 | 0.007 | 0.004 | 0.002 | |
| | 0.001 | 0.001 | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. |] | | |
| 28 | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. |] | | |
| 29 | [1. | 0.583 | 0.34 | 0.198 | 0.116 | 0.068 | 0.039 | 0.023 | 0.013 | 0.008 | 0.005 | |
| | 0.003 | 0.002 | 0.001 | 0.001 | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. |] | | |
| 30 | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. |] | | |
| 31 | [1. | 0.625 | 0.391 | 0.244 | 0.153 | 0.095 | 0.06 | 0.037 | 0.023 | 0.015 | 0.009 | |
| | 0.006 | 0.004 | 0.002 | 0.001 | 0.001 | 0. | 0. | 0. | 0. |] | | |
| 32 | 0.001 | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. |] | | |
| 33 | [1. | 0.667 | 0.444 | 0.296 | 0.198 | 0.132 | 0.088 | 0.059 | 0.039 | 0.026 | 0.017 | |
| | 0.012 | 0.008 | 0.005 | 0.003 | 0.002 | 0. | 0. | 0. | 0. |] | | |
| 34 | 0.002 | 0.001 | 0.001 | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. |] | | |
| 35 | [1. | 0.708 | 0.502 | 0.355 | 0.252 | 0.178 | 0.126 | 0.089 | 0.063 | 0.045 | 0.032 | |
| | 0.023 | 0.016 | 0.011 | 0.008 | 0.006 | 0. | 0. | 0. | 0. |] | | |
| 36 | 0.004 | 0.003 | 0.002 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0. | 0. |] | | |
| 37 | [1. | 0.75 | 0.562 | 0.422 | 0.316 | 0.237 | 0.178 | 0.133 | 0.1 | 0.075 | 0.056 | |
| | 0.042 | 0.032 | 0.024 | 0.018 | 0.013 | 0. | 0. | 0. | 0. |] | | |
| 38 | 0.01 | 0.008 | 0.006 | 0.004 | 0.003 | 0.002 | 0.002 | 0.001 | 0.001 |] | | |
| 39 | [1. | 0.792 | 0.627 | 0.496 | 0.393 | 0.311 | 0.246 | 0.195 | 0.154 | 0.122 | 0.097 | |
| | 0.077 | 0.061 | 0.048 | 0.038 | 0.03 | 0. | 0. | 0. | 0. |] | | |
| 40 | 0.024 | 0.019 | 0.015 | 0.012 | 0.009 | 0.007 | 0.006 | 0.005 | 0.004 |] | | |
| 41 | [1. | 0.833 | 0.694 | 0.579 | 0.482 | 0.402 | 0.335 | 0.279 | 0.233 | 0.194 | 0.162 | |
| | 0.135 | 0.112 | 0.093 | 0.078 | 0.065 | 0. | 0. | 0. | 0. |] | | |
| 42 | 0.054 | 0.045 | 0.038 | 0.031 | 0.026 | 0.022 | 0.018 | 0.015 | 0.013 |] | | |
| 43 | [1. | 0.875 | 0.766 | 0.67 | 0.586 | 0.513 | 0.449 | 0.393 | 0.344 | 0.301 | 0.263 | |
| | 0.23 | 0.201 | 0.176 | 0.154 | 0.135 | 0. | 0. | 0. | 0. |] | | |
| 44 | 0.118 | 0.103 | 0.09 | 0.079 | 0.069 | 0.061 | 0.053 | 0.046 | 0.041 |] | | |
| 45 | [1. | 0.917 | 0.84 | 0.77 | 0.706 | 0.647 | 0.593 | 0.544 | 0.499 | 0.457 | 0.419 | |
| | 0.384 | 0.352 | 0.323 | 0.296 | 0.271 | 0. | 0. | 0. | 0. |] | | |
| 46 | 0.249 | 0.228 | 0.209 | 0.191 | 0.175 | 0.161 | 0.147 | 0.135 | 0.124 |] | | |
| 47 | [1. | 0.958 | 0.918 | 0.88 | 0.843 | 0.808 | 0.775 | 0.742 | 0.711 | 0.682 | 0.653 | |
| | 0.626 | 0.6 | 0.575 | 0.551 | 0.528 | 0. | 0. | 0. | 0. |] | | |
| 48 | 0.506 | 0.485 | 0.465 | 0.445 | 0.427 | 0.409 | 0.392 | 0.376 | 0.36 |] | | |
| 49 | [1. | 1. | 1. | 1. | 1. | 1. | 1. | 1. | 1. | 1. | 1. | 1. |
| | 1. | 1. | 1. | 1. | 1. | 1. | 1. | 1. | 1. |] | | |
| 50 | 1. | 1. | 1. | 1. | 1. | 1. | 1. | 1. | 1. |]] | | |

Листинг 6: Матрица Вандермонда

4.2.1 Число обусловленности матрицы Вандермонда:

1650089123346316288.0000

4.2.2 Векторная норма между полученным и точным решением:

4.8990

5 Заключение

В результате выполнения лабораторной работы были исследованы 5 случайных матриц и матрица Вандермонда. Для каждой матрицы были вычислены нормы и числа обусловленности, которые позволили оценить их устойчивость и чувствительность к изменениям исходных данных. Результаты показывают, что случайные матрицы обладают относительно небольшими числами обусловленности, что свидетельствует об их устойчивости и хорошем поведении при решении линейных систем.

Однако матрица Вандермонда, как и ожидалось, продемонстрировала крайне высокое число обусловленности, что указывает на её значительную неустойчивость. Это подтверждает теоретические знания о матрицах Вандермонда, которые часто приводят к численным трудностям при вычислениях, особенно для больших размерностей.

Таким образом, исследование матриц показало важность выбора правильных методов для работы с неустойчивыми матрицами и продемонстрировало на практике влияние чисел обусловленности на вычислительные процессы.

6 Листинг программы

Ниже приведен полный код программы:

```
1      import numpy as np
2
3
4      def matrix_norm(A):
5          n = A.shape[0]
6          norm = (1 / n) * max(np.sum(np.abs(A[i, :])) for i in range(n))
7          return norm
8
9
10     def print_matrix(matrix, label):
11         print(f"{label}:")
12         print(np.array2string(matrix, precision=3, suppress_small=True,
13                                max_line_width=100))
14         print("\n" + "=" * 50 + "\n")
15
16     SIZE = 25
17     matrices = [np.random.rand(SIZE, SIZE) for _ in range(5)]
18
19     results = []
20     for k, A in enumerate(matrices, start=1):
21         norm_A = matrix_norm(A)
22         cond_A = norm_A * np.linalg.norm(np.linalg.inv(A), ord=np.inf)
23         results.append((k, norm_A, cond_A))
24         print_matrix(A, k)
25         print(f"Норма матрицы {k}: {norm_A:.4f}")
26         print(f"Число обусловленности матрицы {k}: {cond_A:.4f}")
27         print("\n" + "=" * 50 + "\n")
28
29     x = np.linspace(0, 1, SIZE)
30     vandermonde_matrix = np.vander(x, increasing=True)
31     b = np.ones(SIZE)
32     vandermonde_solution = np.linalg.solve(vandermonde_matrix, b)
33
34     cond_vandermonde = np.linalg.cond(vandermonde_matrix)
35
36     vector_norm = np.linalg.norm(vandermonde_solution - b, ord=2)
37
38     print_matrix(vandermonde_matrix, "Матрица Вандермонда")
39     print(cond_vandermonde:.4f)
40     print(vector_norm:.4f)
```