

$\ell_1$  norm optimized solution of the system of equations  $Ax = b$  is sparse.

Compare least  $\ell_1$  and  $\ell_2$  norm solution of  $Ax = b$

```
clearvars
```

Construct  $A$  and  $b$

```
n = 10;
m = 3;
A = randi([-5,5],m,n);
b = A*randi([-3,3],n,1)
```

```
b = 3x1
27
-8
20
```

Find the least  $\ell_2$  norm solution (using pseudo inverse)

```
x_2 = pinv(A)*b;
```

Find the least  $\ell_1$  norm solution (using ADMM)

```
maxIter = 400;
rho = 1.6;

B1 = A'*pinv(A*A');
B1b = B1*b;
B2 = B1*A;
converged = false;
dz = 1e-6;
```

Initialize the  $z$  and  $u$  vectors

```
Z0 = rand(n,1);
U0 = rand(n,1);

for i = 1:maxIter
    % X update - using Shrinkage
    c = Z0 - U0;
    X1 = c - sign(c)/rho;
    X1(sign(X1) ~= sign(c)) = 0;
    % Z update - using Projection
    mu = X1 + U0;
    Z1 = (eye(n) - B2)*mu + B1b;
    % U update - using gradient
```

```

U1 = U0 + (X1 - Z1);
if(norm(Z1-Z0) <= dz)
    converged = true;
    break
end
fprintf("iter : %d \t dz : %f dxz : %f \n",i,norm(Z1-Z0),norm(X1-Z0));
% fprintf("iter : %d \t dz : %f\n",i,norm(X1-Z0));
Z0 = Z1;
U0 = U1;
end

```

```

iter : 1      dz : 2.817914 dxz : 1.919171
iter : 2      dz : 0.576363 dxz : 1.931973
iter : 3      dz : 0.490754 dxz : 0.527313
iter : 4      dz : 0.329792 dxz : 0.374325
iter : 5      dz : 0.125341 dxz : 0.235172
iter : 6      dz : 0.148572 dxz : 0.190362
iter : 7      dz : 0.161114 dxz : 0.164863
iter : 8      dz : 0.145692 dxz : 0.149757
iter : 9      dz : 0.131477 dxz : 0.140573
iter : 10     dz : 0.125402 dxz : 0.134777
iter : 11     dz : 0.119559 dxz : 0.130910
iter : 12     dz : 0.113727 dxz : 0.128154
iter : 13     dz : 0.111762 dxz : 0.126054
iter : 14     dz : 0.113705 dxz : 0.124363
iter : 15     dz : 0.116945 dxz : 0.122945
iter : 16     dz : 0.119473 dxz : 0.121722
iter : 17     dz : 0.120373 dxz : 0.120650
iter : 18     dz : 0.119468 dxz : 0.119699
iter : 19     dz : 0.117234 dxz : 0.118852
iter : 20     dz : 0.114603 dxz : 0.118095
iter : 21     dz : 0.112550 dxz : 0.117417
iter : 22     dz : 0.111668 dxz : 0.116810
iter : 23     dz : 0.111965 dxz : 0.116266
iter : 24     dz : 0.112971 dxz : 0.115778
iter : 25     dz : 0.114040 dxz : 0.115341
iter : 26     dz : 0.091546 dxz : 0.093722
iter : 27     dz : 0.064330 dxz : 0.075049
iter : 28     dz : 0.054949 dxz : 0.070685
iter : 29     dz : 0.043959 dxz : 0.068238
iter : 30     dz : 0.031049 dxz : 0.066422
iter : 31     dz : 0.017521 dxz : 0.064836
iter : 32     dz : 0.003962 dxz : 0.063352
iter : 33     dz : 0.009323 dxz : 0.061927
iter : 34     dz : 0.021402 dxz : 0.060545
iter : 35     dz : 0.032034 dxz : 0.059198
iter : 36     dz : 0.040814 dxz : 0.057884
iter : 37     dz : 0.047428 dxz : 0.056600
iter : 38     dz : 0.051672 dxz : 0.055345
iter : 39     dz : 0.053465 dxz : 0.054118
iter : 40     dz : 0.052838 dxz : 0.052919
iter : 41     dz : 0.049922 dxz : 0.051746
iter : 42     dz : 0.044947 dxz : 0.050600
iter : 43     dz : 0.038220 dxz : 0.049479
iter : 44     dz : 0.030112 dxz : 0.048382
iter : 45     dz : 0.021041 dxz : 0.047310
iter : 46     dz : 0.011445 dxz : 0.046262
iter : 47     dz : 0.001768 dxz : 0.045237
iter : 48     dz : 0.007563 dxz : 0.044235
iter : 49     dz : 0.016153 dxz : 0.043255
iter : 50     dz : 0.023658 dxz : 0.042296
iter : 51     dz : 0.029799 dxz : 0.041359

```

```
iter : 52      dz : 0.034364 dxz : 0.040443
iter : 53      dz : 0.037223 dxz : 0.039547
iter : 54      dz : 0.038326 dxz : 0.038671
iter : 55      dz : 0.037701 dxz : 0.037814
iter : 56      dz : 0.035451 dxz : 0.036976
iter : 57      dz : 0.031746 dxz : 0.036157
iter : 58      dz : 0.026813 dxz : 0.035356
iter : 59      dz : 0.020920 dxz : 0.034572
iter : 60      dz : 0.014369 dxz : 0.033806
iter : 61      dz : 0.007476 dxz : 0.033057
iter : 62      dz : 0.000557 dxz : 0.032325
iter : 63      dz : 0.006084 dxz : 0.031608
iter : 64      dz : 0.012166 dxz : 0.030908
iter : 65      dz : 0.017449 dxz : 0.030223
iter : 66      dz : 0.021736 dxz : 0.029554
iter : 67      dz : 0.024882 dxz : 0.028899
iter : 68      dz : 0.026801 dxz : 0.028259
iter : 69      dz : 0.027460 dxz : 0.027632
iter : 70      dz : 0.026887 dxz : 0.027020
iter : 71      dz : 0.025162 dxz : 0.026422
iter : 72      dz : 0.022409 dxz : 0.025836
iter : 73      dz : 0.018794 dxz : 0.025264
iter : 74      dz : 0.014515 dxz : 0.024704
iter : 75      dz : 0.009787 dxz : 0.024157
iter : 76      dz : 0.004837 dxz : 0.023621
iter : 77      dz : 0.000108 dxz : 0.023098
iter : 78      dz : 0.004831 dxz : 0.022586
iter : 79      dz : 0.009136 dxz : 0.022086
iter : 80      dz : 0.012851 dxz : 0.021596
iter : 81      dz : 0.015841 dxz : 0.021118
iter : 82      dz : 0.018006 dxz : 0.020650
iter : 83      dz : 0.019286 dxz : 0.020192
iter : 84      dz : 0.019665 dxz : 0.019745
iter : 85      dz : 0.019166 dxz : 0.019308
iter : 86      dz : 0.017849 dxz : 0.018880
iter : 87      dz : 0.015808 dxz : 0.018461
iter : 88      dz : 0.013163 dxz : 0.018052
iter : 89      dz : 0.010057 dxz : 0.017652
iter : 90      dz : 0.006647 dxz : 0.017261
iter : 91      dz : 0.003094 dxz : 0.016879
iter : 92      dz : 0.000438 dxz : 0.016505
iter : 93      dz : 0.003796 dxz : 0.016139
iter : 94      dz : 0.006841 dxz : 0.015782
iter : 95      dz : 0.009452 dxz : 0.015432
iter : 96      dz : 0.011535 dxz : 0.015090
iter : 97      dz : 0.013021 dxz : 0.014756
iter : 98      dz : 0.013871 dxz : 0.014429
iter : 99      dz : 0.014076 dxz : 0.014109
iter : 100     dz : 0.013656 dxz : 0.013796
iter : 101     dz : 0.012655 dxz : 0.013491
iter : 102     dz : 0.011144 dxz : 0.013192
iter : 103     dz : 0.009210 dxz : 0.012900
iter : 104     dz : 0.006958 dxz : 0.012614
iter : 105     dz : 0.004499 dxz : 0.012334
iter : 106     dz : 0.001951 dxz : 0.012061
iter : 107     dz : 0.000571 dxz : 0.011794
iter : 108     dz : 0.002957 dxz : 0.011532
iter : 109     dz : 0.005109 dxz : 0.011277
iter : 110     dz : 0.006943 dxz : 0.011027
iter : 111     dz : 0.008392 dxz : 0.010783
iter : 112     dz : 0.009411 dxz : 0.010544
iter : 113     dz : 0.009972 dxz : 0.010310
iter : 114     dz : 0.010071 dxz : 0.010082
iter : 115     dz : 0.009725 dxz : 0.009858
```

```
iter : 116      dz : 0.008968 dxz : 0.009640
iter : 117      dz : 0.007851 dxz : 0.009426
iter : 118      dz : 0.006439 dxz : 0.009218
iter : 119      dz : 0.004806 dxz : 0.009013
iter : 120      dz : 0.003035 dxz : 0.008814
iter : 121      dz : 0.001208 dxz : 0.008618
iter : 122      dz : 0.000592 dxz : 0.008427
iter : 123      dz : 0.002287 dxz : 0.008241
iter : 124      dz : 0.003807 dxz : 0.008058
iter : 125      dz : 0.005094 dxz : 0.007880
iter : 126      dz : 0.006101 dxz : 0.007705
iter : 127      dz : 0.006797 dxz : 0.007534
iter : 128      dz : 0.007165 dxz : 0.007367
iter : 129      dz : 0.007202 dxz : 0.007204
iter : 130      dz : 0.006922 dxz : 0.007044
iter : 131      dz : 0.006351 dxz : 0.006888
iter : 132      dz : 0.005527 dxz : 0.006736
iter : 133      dz : 0.004497 dxz : 0.006586
iter : 134      dz : 0.003314 dxz : 0.006441
iter : 135      dz : 0.002039 dxz : 0.006298
iter : 136      dz : 0.000730 dxz : 0.006158
iter : 137      dz : 0.000554 dxz : 0.006022
iter : 138      dz : 0.001757 dxz : 0.005888
iter : 139      dz : 0.002831 dxz : 0.005758
iter : 140      dz : 0.003733 dxz : 0.005630
iter : 141      dz : 0.004432 dxz : 0.005506
iter : 142      dz : 0.004907 dxz : 0.005384
iter : 143      dz : 0.005145 dxz : 0.005264
iter : 144      dz : 0.005148 dxz : 0.005148
iter : 145      dz : 0.004925 dxz : 0.005034
iter : 146      dz : 0.004496 dxz : 0.004922
iter : 147      dz : 0.003888 dxz : 0.004813
iter : 148      dz : 0.003137 dxz : 0.004706
iter : 149      dz : 0.002281 dxz : 0.004602
iter : 150      dz : 0.001363 dxz : 0.004500
iter : 151      dz : 0.000426 dxz : 0.004400
iter : 152      dz : 0.000490 dxz : 0.004303
iter : 153      dz : 0.001343 dxz : 0.004208
iter : 154      dz : 0.002101 dxz : 0.004114
iter : 155      dz : 0.002733 dxz : 0.004023
iter : 156      dz : 0.003217 dxz : 0.003934
iter : 157      dz : 0.003540 dxz : 0.003847
iter : 158      dz : 0.003693 dxz : 0.003762
iter : 159      dz : 0.003678 dxz : 0.003678
iter : 160      dz : 0.003502 dxz : 0.003597
iter : 161      dz : 0.003180 dxz : 0.003517
iter : 162      dz : 0.002733 dxz : 0.003439
iter : 163      dz : 0.002186 dxz : 0.003363
iter : 164      dz : 0.001567 dxz : 0.003289
iter : 165      dz : 0.000907 dxz : 0.003216
iter : 166      dz : 0.000236 dxz : 0.003144
iter : 167      dz : 0.000417 dxz : 0.003075
iter : 168      dz : 0.001022 dxz : 0.003007
iter : 169      dz : 0.001556 dxz : 0.002940
iter : 170      dz : 0.001998 dxz : 0.002875
iter : 171      dz : 0.002334 dxz : 0.002811
iter : 172      dz : 0.002552 dxz : 0.002749
iter : 173      dz : 0.002649 dxz : 0.002688
iter : 174      dz : 0.002626 dxz : 0.002628
iter : 175      dz : 0.002489 dxz : 0.002570
iter : 176      dz : 0.002248 dxz : 0.002513
iter : 177      dz : 0.001920 dxz : 0.002458
iter : 178      dz : 0.001522 dxz : 0.002403
iter : 179      dz : 0.001075 dxz : 0.002350
```

```
iter : 180      dz : 0.000600 dxz : 0.002298
iter : 181      dz : 0.000119 dxz : 0.002247
iter : 182      dz : 0.000345 dxz : 0.002197
iter : 183      dz : 0.000774 dxz : 0.002148
iter : 184      dz : 0.001151 dxz : 0.002101
iter : 185      dz : 0.001460 dxz : 0.002054
iter : 186      dz : 0.001692 dxz : 0.002009
iter : 187      dz : 0.001839 dxz : 0.001964
iter : 188      dz : 0.001900 dxz : 0.001921
iter : 189      dz : 0.001874 dxz : 0.001878
iter : 190      dz : 0.001768 dxz : 0.001837
iter : 191      dz : 0.001589 dxz : 0.001796
iter : 192      dz : 0.001348 dxz : 0.001756
iter : 193      dz : 0.001058 dxz : 0.001717
iter : 194      dz : 0.000735 dxz : 0.001679
iter : 195      dz : 0.000394 dxz : 0.001642
iter : 196      dz : 0.000050 dxz : 0.001606
iter : 197      dz : 0.000281 dxz : 0.001570
iter : 198      dz : 0.000584 dxz : 0.001535
iter : 199      dz : 0.000849 dxz : 0.001501
iter : 200      dz : 0.001066 dxz : 0.001468
iter : 201      dz : 0.001226 dxz : 0.001435
iter : 202      dz : 0.001325 dxz : 0.001404
iter : 203      dz : 0.001362 dxz : 0.001372
iter : 204      dz : 0.001337 dxz : 0.001342
iter : 205      dz : 0.001255 dxz : 0.001312
iter : 206      dz : 0.001122 dxz : 0.001283
iter : 207      dz : 0.000945 dxz : 0.001255
iter : 208      dz : 0.000735 dxz : 0.001227
iter : 209      dz : 0.000501 dxz : 0.001200
iter : 210      dz : 0.000256 dxz : 0.001173
iter : 211      dz : 0.000011 dxz : 0.001147
iter : 212      dz : 0.000225 dxz : 0.001122
iter : 213      dz : 0.000440 dxz : 0.001097
iter : 214      dz : 0.000626 dxz : 0.001073
iter : 215      dz : 0.000777 dxz : 0.001049
iter : 216      dz : 0.000887 dxz : 0.001026
iter : 217      dz : 0.000954 dxz : 0.001003
iter : 218      dz : 0.000975 dxz : 0.000981
iter : 219      dz : 0.000954 dxz : 0.000959
iter : 220      dz : 0.000891 dxz : 0.000938
iter : 221      dz : 0.000792 dxz : 0.000917
iter : 222      dz : 0.000662 dxz : 0.000897
iter : 223      dz : 0.000510 dxz : 0.000877
iter : 224      dz : 0.000341 dxz : 0.000857
iter : 225      dz : 0.000165 dxz : 0.000838
iter : 226      dz : 0.000010 dxz : 0.000820
iter : 227      dz : 0.000178 dxz : 0.000802
iter : 228      dz : 0.000330 dxz : 0.000784
iter : 229      dz : 0.000461 dxz : 0.000766
iter : 230      dz : 0.000566 dxz : 0.000750
iter : 231      dz : 0.000642 dxz : 0.000733
iter : 232      dz : 0.000686 dxz : 0.000717
iter : 233      dz : 0.000698 dxz : 0.000701
iter : 234      dz : 0.000680 dxz : 0.000685
iter : 235      dz : 0.000632 dxz : 0.000670
iter : 236      dz : 0.000558 dxz : 0.000655
iter : 237      dz : 0.000464 dxz : 0.000641
iter : 238      dz : 0.000353 dxz : 0.000627
iter : 239      dz : 0.000231 dxz : 0.000613
iter : 240      dz : 0.000105 dxz : 0.000599
iter : 241      dz : 0.000020 dxz : 0.000586
iter : 242      dz : 0.000139 dxz : 0.000573
iter : 243      dz : 0.000247 dxz : 0.000560
```

```
iter : 244      dz : 0.000339 dxz : 0.000548
iter : 245      dz : 0.000412 dxz : 0.000536
iter : 246      dz : 0.000464 dxz : 0.000524
iter : 247      dz : 0.000493 dxz : 0.000512
iter : 248      dz : 0.000500 dxz : 0.000501
iter : 249      dz : 0.000484 dxz : 0.000490
iter : 250      dz : 0.000448 dxz : 0.000479
iter : 251      dz : 0.000394 dxz : 0.000468
iter : 252      dz : 0.000324 dxz : 0.000458
iter : 253      dz : 0.000244 dxz : 0.000448
iter : 254      dz : 0.000156 dxz : 0.000438
iter : 255      dz : 0.000066 dxz : 0.000428
iter : 256      dz : 0.000024 dxz : 0.000419
iter : 257      dz : 0.000108 dxz : 0.000409
iter : 258      dz : 0.000184 dxz : 0.000400
iter : 259      dz : 0.000249 dxz : 0.000391
iter : 260      dz : 0.000300 dxz : 0.000383
iter : 261      dz : 0.000335 dxz : 0.000374
iter : 262      dz : 0.000355 dxz : 0.000366
iter : 263      dz : 0.000358 dxz : 0.000358
iter : 264      dz : 0.000345 dxz : 0.000350
iter : 265      dz : 0.000317 dxz : 0.000342
iter : 266      dz : 0.000277 dxz : 0.000335
iter : 267      dz : 0.000227 dxz : 0.000327
iter : 268      dz : 0.000168 dxz : 0.000320
iter : 269      dz : 0.000105 dxz : 0.000313
iter : 270      dz : 0.000040 dxz : 0.000306
iter : 271      dz : 0.000023 dxz : 0.000299
iter : 272      dz : 0.000083 dxz : 0.000292
iter : 273      dz : 0.000137 dxz : 0.000286
iter : 274      dz : 0.000182 dxz : 0.000280
iter : 275      dz : 0.000218 dxz : 0.000273
iter : 276      dz : 0.000242 dxz : 0.000267
iter : 277      dz : 0.000255 dxz : 0.000261
iter : 278      dz : 0.000256 dxz : 0.000256
iter : 279      dz : 0.000245 dxz : 0.000250
iter : 280      dz : 0.000225 dxz : 0.000244
iter : 281      dz : 0.000195 dxz : 0.000239
iter : 282      dz : 0.000158 dxz : 0.000234
iter : 283      dz : 0.000116 dxz : 0.000229
iter : 284      dz : 0.000071 dxz : 0.000224
iter : 285      dz : 0.000024 dxz : 0.000219
iter : 286      dz : 0.000021 dxz : 0.000214
iter : 287      dz : 0.000064 dxz : 0.000209
iter : 288      dz : 0.000102 dxz : 0.000204
iter : 289      dz : 0.000134 dxz : 0.000200
iter : 290      dz : 0.000158 dxz : 0.000195
iter : 291      dz : 0.000175 dxz : 0.000191
iter : 292      dz : 0.000183 dxz : 0.000187
iter : 293      dz : 0.000183 dxz : 0.000183
iter : 294      dz : 0.000174 dxz : 0.000179
iter : 295      dz : 0.000159 dxz : 0.000175
iter : 296      dz : 0.000137 dxz : 0.000171
iter : 297      dz : 0.000110 dxz : 0.000167
iter : 298      dz : 0.000080 dxz : 0.000163
iter : 299      dz : 0.000047 dxz : 0.000160
iter : 300      dz : 0.000014 dxz : 0.000156
iter : 301      dz : 0.000019 dxz : 0.000153
iter : 302      dz : 0.000049 dxz : 0.000149
iter : 303      dz : 0.000076 dxz : 0.000146
iter : 304      dz : 0.000098 dxz : 0.000143
iter : 305      dz : 0.000115 dxz : 0.000140
iter : 306      dz : 0.000126 dxz : 0.000137
iter : 307      dz : 0.000131 dxz : 0.000134
```

```

iter : 308      dz : 0.000131 dxz : 0.000131
iter : 309      dz : 0.000124 dxz : 0.000128
iter : 310      dz : 0.000112 dxz : 0.000125
iter : 311      dz : 0.000096 dxz : 0.000122
iter : 312      dz : 0.000077 dxz : 0.000119
iter : 313      dz : 0.000055 dxz : 0.000117
iter : 314      dz : 0.000031 dxz : 0.000114
iter : 315      dz : 0.000007 dxz : 0.000112
iter : 316      dz : 0.000016 dxz : 0.000109
iter : 317      dz : 0.000037 dxz : 0.000107
iter : 318      dz : 0.000056 dxz : 0.000104
iter : 319      dz : 0.000071 dxz : 0.000102
iter : 320      dz : 0.000083 dxz : 0.000100
iter : 321      dz : 0.000091 dxz : 0.000098
iter : 322      dz : 0.000094 dxz : 0.000095
iter : 323      dz : 0.000093 dxz : 0.000093
iter : 324      dz : 0.000088 dxz : 0.000091
iter : 325      dz : 0.000079 dxz : 0.000089
iter : 326      dz : 0.000068 dxz : 0.000087
iter : 327      dz : 0.000053 dxz : 0.000085
iter : 328      dz : 0.000038 dxz : 0.000083
iter : 329      dz : 0.000021 dxz : 0.000082
iter : 330      dz : 0.000004 dxz : 0.000080
iter : 331      dz : 0.000013 dxz : 0.000078
iter : 332      dz : 0.000028 dxz : 0.000076
iter : 333      dz : 0.000041 dxz : 0.000075
iter : 334      dz : 0.000052 dxz : 0.000073
iter : 335      dz : 0.000060 dxz : 0.000071
iter : 336      dz : 0.000065 dxz : 0.000070
iter : 337      dz : 0.000068 dxz : 0.000068
iter : 338      dz : 0.000066 dxz : 0.000067
iter : 339      dz : 0.000063 dxz : 0.000065
iter : 340      dz : 0.000056 dxz : 0.000064
iter : 341      dz : 0.000048 dxz : 0.000062
iter : 342      dz : 0.000037 dxz : 0.000061
iter : 343      dz : 0.000026 dxz : 0.000060
iter : 344      dz : 0.000014 dxz : 0.000058
iter : 345      dz : 0.000001 dxz : 0.000057
iter : 346      dz : 0.000010 dxz : 0.000056
iter : 347      dz : 0.000021 dxz : 0.000054
iter : 348      dz : 0.000030 dxz : 0.000053
iter : 349      dz : 0.000038 dxz : 0.000052
iter : 350      dz : 0.000044 dxz : 0.000051
iter : 351      dz : 0.000047 dxz : 0.000050
iter : 352      dz : 0.000048 dxz : 0.000049
iter : 353      dz : 0.000047 dxz : 0.000048
iter : 354      dz : 0.000044 dxz : 0.000047
iter : 355      dz : 0.000040 dxz : 0.000046
iter : 356      dz : 0.000033 dxz : 0.000045
iter : 357      dz : 0.000026 dxz : 0.000044
iter : 358      dz : 0.000017 dxz : 0.000043
iter : 359      dz : 0.000009 dxz : 0.000042

```

```

x_1 = X1;

if(converged == true)
    fprintf("L1 norm optimized solution found after %d iterations. \n",i);
elseif(converged == false)
    fprintf("Convergence failed\n")
    fprintf("Try : increasing the no: iteration, increasing the convergence
tol value, changing rho\n");

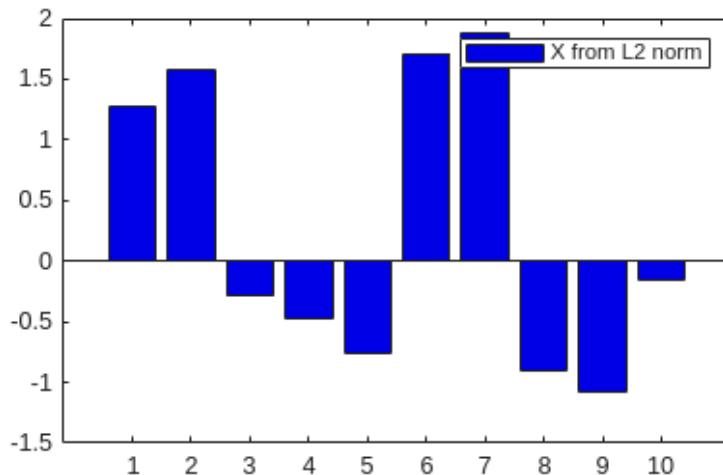
```

```
end
```

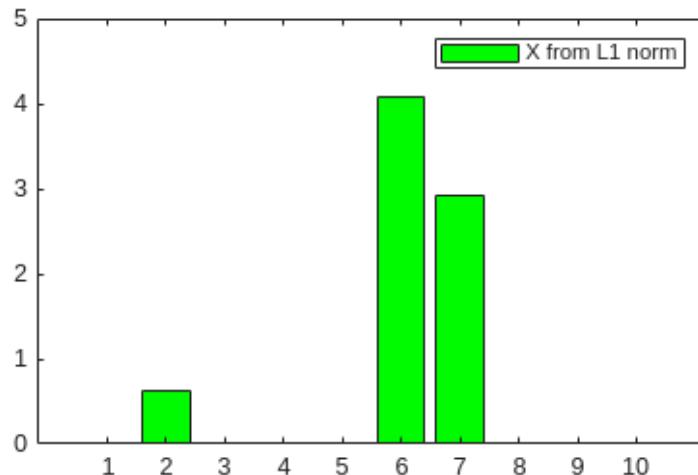
L1 norm optimized solution found after 360 iterations.

Plot to check the solution vector  $X$  and surrogate variable  $Z$

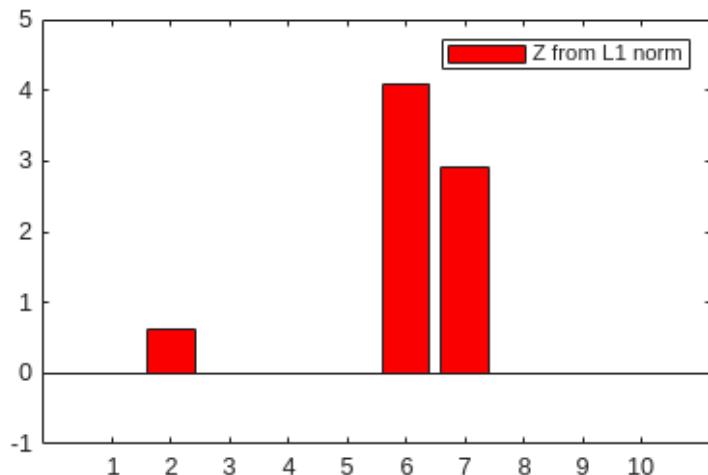
```
b2 = bar(x_2);%hold on;
b2.FaceColor = [0 0 0.9];
legend("X from L2 norm")
```



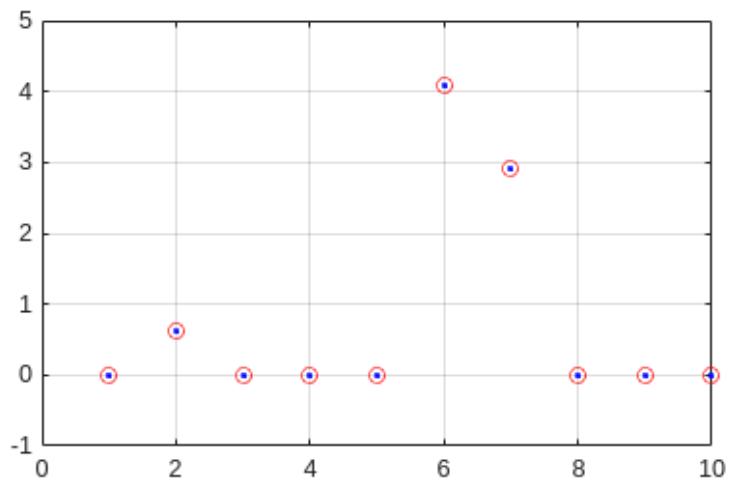
```
b1 = bar(x_1);%hold off
b1.FaceColor = [0 0.98 0];
legend("X from L1 norm")
```



```
b1 = bar(Z1);%hold off
b1.FaceColor = [0.98 0 0];
legend("Z from L1 norm")
```



```
plot(x1, 'ro'); hold on
plot(z1, 'b.' ); hold off
grid on
```



Check the error vector  $Ax - b$

```
e1 = A*x_1-b
```

```
e1 = 3x1
10^-3 ×
-0.2434
-0.1136
0.3595
```

```
e2 = A*x_2-b
```

```
e2 = 3x1
10^-13 ×
-0.2487
-0.0533
-0.0711
```

Check the sparsity of the solution

```
sum(x_1 ~= 0)
```

```
ans =  
3
```

```
sum(x_2 ~= 0)
```

```
ans =  
10
```

```
cd( "/media/user/DATA4LINUX/new1/Repos/Mine/MFC4_22MAT230/" )
```

```
mlxfile = matlab.desktop.editor.getActive().Filename;
```

```
outfile = mlxfile + ".pdf"
```

```
outfile =
```

```
"/media/user/DATA4LINUX/new1/Repos/Mine/MFC4_22MAT230/U1_Comparison_L1_L2_norm_Matlab_coding.mlx.pdf"
```

```
export(matlab.desktop.editor.getActive().Filename, outfile);
```