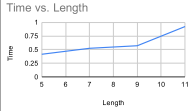


Time VS Grid Length (100 tests done)

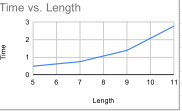
Breadth First Search

Length	Average Time
5	0.416
7	0.525
9	0.572
11	0.923



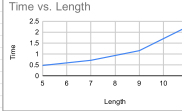
Shortest Path First

Length	Average Time
5	0.49
7	0.751
9	1.392
11	2.778



A Star with Manhattan Distance

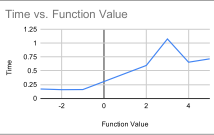
Length	Average Time
5	0.476
7	0.711
9	1.151
11	2.25



Time VS Function Value

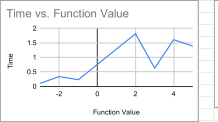
Breadth First Search

Function Value	Time
-3	0.17
-2	0.158
-1	0.16
2	0.586
3	1.076
4	0.665
5	0.716



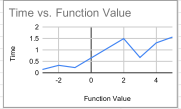
Shortest Path First

Function Value	Time
-3	0.104
-2	0.342
-1	0.231
2	1.812
3	0.631
4	1.608
5	1.385



A Star with Manhattan Distance

Function Value	Time
-3	0.147
-2	0.329
-1	0.23
2	1.497
3	0.672
4	1.309
5	1.564



Task 1:

Environment: Square Grid/Board

State space: Double Tile Array named grid[]

Actions: Valid move (up down left right)

Perception:

1) Number X occupying the tile  
2) Whether or not moving x tiles in each direction will go out of bounds

Transition Function

- Move agent

- Move grid[0,0] to grid [0,2]

- Update state removing agent from grid[0,0] and putting in grid[0,2]

Evaluation:

- Positive: Finds shortest path to G

- Negative: Doesn't find shortest path to G

Dijkstra's Algorithm:

Pros:

- It doesn't require the end goal to run.

- It works very well with larger graphs

Cons:

- It does a blind search (prioritizes the shorter distance) despite that path leading to a dead end/ longer distance

A\*:

Pros:

- Uses heuristic values (given that they are accurate) to gain additional knowledge on paths allowing it to more carefully choose a specific path

- Through our tests, A\* would always be slightly faster than Dijkstra's

Cons:

- You are required the target placement within the graph in order to have accurate heuristic values

```
Starting BFS
BFS took 659ms
0 X 4 11 2 X 6 X 1 5 X
X 7 X 10 X 9 7 8 X 9 X X
4 5 3 X 4 5 X 6 X X 4
X 9 X 8 6 8 X 7 X 8 7
3 8 3 X 7 X 5 7 2 X 6
7 6 5 10 5 9 8 4 6 6
2 6 3 7 X 6 6 X 6 5 X
5 8 5 X 3 5 6 5 4 5 5
1 6 2 X 5 4 5 6 3 5 5
7 7 X 6 7 5 7 6 8 8 6
2 X 3 11 8 8 4 7 3 7 4
The value of this grid using BFS is: 4

Starting Astar
Astar found path to goal at 61: [2(0, 8), 2(0, 10), 1(0, 10), 1(0, 11), 1(0, 12), 1(0, 13), 1(0, 14), 1(0, 15), 1(0, 16), 1(0, 17), 1(0, 18), 1(0, 19), 1(0, 20), 1(0, 21), 1(0, 22), 1(0, 23), 1(0, 24), 1(0, 25), 1(0, 26), 1(0, 27), 1(0, 28), 1(0, 29), 1(0, 30), 1(0, 31), 1(0, 32), 1(0, 33), 1(0, 34), 1(0, 35), 1(0, 36), 1(0, 37), 1(0, 38), 1(0, 39), 1(0, 40), 1(0, 41), 1(0, 42), 1(0, 43), 1(0, 44), 1(0, 45), 1(0, 46), 1(0, 47), 1(0, 48), 1(0, 49), 1(0, 50), 1(0, 51), 1(0, 52), 1(0, 53), 1(0, 54), 1(0, 55), 1(0, 56), 1(0, 57), 1(0, 58), 1(0, 59), 1(0, 60), 1(0, 61), 1(0, 62), 1(0, 63), 1(0, 64), 1(0, 65), 1(0, 66), 1(0, 67), 1(0, 68), 1(0, 69), 1(0, 70), 1(0, 71), 1(0, 72), 1(0, 73), 1(0, 74), 1(0, 75), 1(0, 76), 1(0, 77), 1(0, 78), 1(0, 79), 1(0, 80), 1(0, 81), 1(0, 82), 1(0, 83), 1(0, 84), 1(0, 85), 1(0, 86), 1(0, 87), 1(0, 88), 1(0, 89), 1(0, 90), 1(0, 91), 1(0, 92), 1(0, 93), 1(0, 94), 1(0, 95), 1(0, 96), 1(0, 97), 1(0, 98), 1(0, 99), 1(0, 100), 1(0, 101), 1(0, 102), 1(0, 103), 1(0, 104), 1(0, 105), 1(0, 106), 1(0, 107), 1(0, 108), 1(0, 109), 1(0, 110), 1(0, 111), 1(0, 112), 1(0, 113), 1(0, 114), 1(0, 115), 1(0, 116), 1(0, 117), 1(0, 118), 1(0, 119), 1(0, 120), 1(0, 121), 1(0, 122), 1(0, 123), 1(0, 124), 1(0, 125), 1(0, 126), 1(0, 127), 1(0, 128), 1(0, 129), 1(0, 130), 1(0, 131), 1(0, 132), 1(0, 133), 1(0, 134), 1(0, 135), 1(0, 136), 1(0, 137), 1(0, 138), 1(0, 139), 1(0, 140), 1(0, 141), 1(0, 142), 1(0, 143), 1(0, 144), 1(0, 145), 1(0, 146), 1(0, 147), 1(0, 148), 1(0, 149), 1(0, 150), 1(0, 151), 1(0, 152), 1(0, 153), 1(0, 154), 1(0, 155), 1(0, 156), 1(0, 157), 1(0, 158), 1(0, 159), 1(0, 160), 1(0, 161), 1(0, 162), 1(0, 163), 1(0, 164), 1(0, 165), 1(0, 166), 1(0, 167), 1(0, 168), 1(0, 169), 1(0, 170), 1(0, 171), 1(0, 172), 1(0, 173), 1(0, 174), 1(0, 175), 1(0, 176), 1(0, 177), 1(0, 178), 1(0, 179), 1(0, 180), 1(0, 181), 1(0, 182), 1(0, 183), 1(0, 184), 1(0, 185), 1(0, 186), 1(0, 187), 1(0, 188), 1(0, 189), 1(0, 190), 1(0, 191), 1(0, 192), 1(0, 193), 1(0, 194), 1(0, 195), 1(0, 196), 1(0, 197), 1(0, 198), 1(0, 199), 1(0, 200), 1(0, 201), 1(0, 202), 1(0, 203), 1(0, 204), 1(0, 205), 1(0, 206), 1(0, 207), 1(0, 208), 1(0, 209), 1(0, 210), 1(0, 211), 1(0, 212), 1(0, 213), 1(0, 214), 1(0, 215), 1(0, 216), 1(0, 217), 1(0, 218), 1(0, 219), 1(0, 220), 1(0, 221), 1(0, 222), 1(0, 223), 1(0, 224), 1(0, 225), 1(0, 226), 1(0, 227), 1(0, 228), 1(0, 229), 1(0, 230), 1(0, 231), 1(0, 232), 1(0, 233), 1(0, 234), 1(0, 235), 1(0, 236), 1(0, 237), 1(0, 238), 1(0, 239), 1(0, 240), 1(0, 241), 1(0, 242), 1(0, 243), 1(0, 244), 1(0, 245), 1(0, 246), 1(0, 247), 1(0, 248), 1(0, 249), 1(0, 250), 1(0, 251), 1(0, 252), 1(0, 253), 1(0, 254), 1(0, 255), 1(0, 256), 1(0, 257), 1(0, 258), 1(0, 259), 1(0, 260), 1(0, 261), 1(0, 262), 1(0, 263), 1(0, 264), 1(0, 265), 1(0, 266), 1(0, 267), 1(0, 268), 1(0, 269), 1(0, 270), 1(0, 271), 1(0, 272), 1(0, 273), 1(0, 274), 1(0, 275), 1(0, 276), 1(0, 277), 1(0, 278), 1(0, 279), 1(0, 280), 1(0, 281), 1(0, 282), 1(0, 283), 1(0, 284), 1(0, 285), 1(0, 286), 1(0, 287), 1(0, 288), 1(0, 289), 1(0, 290), 1(0, 291), 1(0, 292), 1(0, 293), 1(0, 294), 1(0, 295), 1(0, 296), 1(0, 297), 1(0, 298), 1(0, 299), 1(0, 300), 1(0, 301), 1(0, 302), 1(0, 303), 1(0, 304), 1(0, 305), 1(0, 306), 1(0, 307), 1(0, 308), 1(0, 309), 1(0, 310), 1(0, 311), 1(0, 312), 1(0, 313), 1(0, 314), 1(0, 315), 1(0, 316), 1(0, 317), 1(0, 318), 1(0, 319), 1(0, 320), 1(0, 321), 1(0, 322), 1(0, 323), 1(0, 324), 1(0, 325), 1(0, 326), 1(0, 327), 1(0, 328), 1(0, 329), 1(0, 330), 1(0, 331), 1(0, 332), 1(0, 333), 1(0, 334), 1(0, 335), 1(0, 336), 1(0, 337), 1(0, 338), 1(0, 339), 1(0, 340), 1(0, 341), 1(0, 342), 1(0, 343), 1(0, 344), 1(0, 345), 1(0, 346), 1(0, 347), 1(0, 348), 1(0, 349), 1(0, 350), 1(0, 351), 1(0, 352), 1(0, 353), 1(0, 354), 1(0, 355), 1(0, 356), 1(0, 357), 1(0, 358), 1(0, 359), 1(0, 360), 1(0, 361), 1(0, 362), 1(0, 363), 1(0, 364), 1(0, 365), 1(0, 366), 1(0, 367), 1(0, 368), 1(0, 369), 1(0, 370), 1(0, 371), 1(0, 372), 1(0, 373), 1(0, 374), 1(0, 375), 1(0, 376), 1(0, 377), 1(0, 378), 1(0, 379), 1(0, 380), 1(0, 381), 1(0, 382), 1(0, 383), 1(0, 384), 1(0, 385), 1(0, 386), 1(0, 387), 1(0, 388), 1(0, 389), 1(0, 390), 1(0, 391), 1(0, 392), 1(0, 393), 1(0, 394), 1(0, 395), 1(0, 396), 1(0, 397), 1(0, 398), 1(0, 399), 1(0, 400), 1(0, 401), 1(0, 402), 1(0, 403), 1(0, 404), 1(0, 405), 1(0, 406), 1(0, 407), 1(0, 408), 1(0, 409), 1(0, 410), 1(0, 411), 1(0, 412), 1(0, 413), 1(0, 414), 1(0, 415), 1(0, 416), 1(0, 417), 1(0, 418), 1(0, 419), 1(0, 420), 1(0, 421), 1(0, 422), 1(0, 423), 1(0, 424), 1(0, 425), 1(0, 426), 1(0, 427), 1(0, 428), 1(0, 429), 1(0, 430), 1(0, 431), 1(0, 432), 1(0, 433), 1(0, 434), 1(0, 435), 1(0, 436), 1(0, 437), 1(0, 438), 1(0, 439), 1(0, 440), 1(0, 441), 1(0, 442), 1(0, 443), 1(0, 444), 1(0, 445), 1(0, 446), 1(0, 447), 1(0, 448), 1(0, 449), 1(0, 450), 1(0, 451), 1(0, 452), 1(0, 453), 1(0, 454), 1(0, 455), 1(0, 456), 1(0, 457), 1(0, 458), 1(0, 459), 1(0, 460), 1(0, 461), 1(0, 462), 1(0, 463), 1(0, 464), 1(0, 465), 1(0, 466), 1(0, 467), 1(0, 468), 1(0, 469), 1(0, 470), 1(0, 471), 1(0, 472), 1(0, 473), 1(0, 474), 1(0, 475), 1(0, 476), 1(0, 477), 1(0, 478), 1(0, 479), 1(0, 480), 1(0, 481), 1(0, 482), 1(0, 483), 1(0, 484), 1(0, 485), 1(0, 486), 1(0, 487), 1(0, 488), 1(0, 489), 1(0, 490), 1(0, 491), 1(0, 492), 1(0, 493), 1(0, 494), 1(0, 495), 1(0, 496), 1(0, 497), 1(0, 498), 1(0, 499), 1(0, 500), 1(0, 501), 1(0, 502), 1(0, 503), 1(0, 504), 1(0, 505), 1(0, 506), 1(0, 507), 1(0, 508), 1(0, 509), 1(0, 510), 1(0, 511), 1(0, 512), 1(0, 513), 1(0, 514), 1(0, 515), 1(0, 516), 1(0, 517), 1(0, 518), 1(0, 519), 1(0, 520), 1(0, 521), 1(0, 522), 1(0, 523), 1(0, 524), 1(0, 525), 1(0, 526), 1(0, 527), 1(0, 528), 1(0, 529), 1(0, 530), 1(0, 531), 1(0, 532), 1(0, 533), 1(0, 534), 1(0, 535), 1(0, 536), 1(0, 537), 1(0, 538), 1(0, 539), 1(0, 540), 1(0, 541), 1(0, 542), 1(0, 543), 1(0, 544), 1(0, 545), 1(0, 546), 1(0, 547), 1(0, 548), 1(0, 549), 1(0, 550), 1(0, 551), 1(0, 552), 1(0, 553), 1(0, 554), 1(0, 555), 1(0, 556), 1(0, 557), 1(0, 558), 1(0, 559), 1(0, 560), 1(0, 561), 1(0, 562), 1(0, 563), 1(0, 564), 1(0, 565), 1(0, 566), 1(0, 567), 1(0, 568), 1(0, 569), 1(0, 570), 1(0, 571), 1(0, 572), 1(0, 573), 1(0, 574), 1(0, 575), 1(0, 576), 1(0, 577), 1(0, 578), 1(0, 579), 1(0, 580), 1(0, 581), 1(0, 582), 1(0, 583), 1(0, 584), 1(0, 585), 1(0, 586), 1(0, 587), 1(0, 588), 1(0, 589), 1(0, 590), 1(0, 591), 1(0, 592), 1(0, 593), 1(0, 594), 1(0, 595), 1(0, 596), 1(0, 597), 1(0, 598), 1(0, 599), 1(0, 600), 1(0, 601), 1(0, 602), 1(0, 603), 1(0, 604), 1(0, 605), 1(0, 606), 1(0, 607), 1(0, 608), 1(0, 609), 1(0, 610), 1(0, 611), 1(0, 612), 1(0, 613), 1(0, 614), 1(0, 615), 1(0, 616), 1(0, 617), 1(0, 618), 1(0, 619), 1(0, 620), 1(0, 621), 1(0, 622), 1(0, 623), 1(0, 624), 1(0, 625), 1(0, 626), 1(0, 627), 1(0, 628), 1(0, 629), 1(0, 630), 1(0, 631), 1(0, 632), 1(0, 633), 1(0, 634), 1(0, 635), 1(0, 636), 1(0, 637), 1(0, 638), 1(0, 639), 1(0, 640), 1(0, 641), 1(0, 642), 1(0, 643), 1(0, 644), 1(0, 645), 1(0, 646), 1(0, 647), 1(0, 648), 1(0, 649), 1(0, 650), 1(0, 651), 1(0, 652), 1(0, 653), 1(0, 654), 1(0, 655), 1(0, 656), 1(0, 657), 1(0, 658), 1(0, 659), 1(0, 660), 1(0, 661), 1(0, 662), 1(0, 663), 1(0, 664), 1(0, 665), 1(0, 666), 1(0, 667), 1(0, 668), 1(0, 669), 1(0, 670), 1(0, 671), 1(0, 672), 1(0, 673), 1(0, 674), 1(0, 675), 1(0, 676), 1(0, 677), 1(0, 678), 1(0, 679), 1(0, 680), 1(0, 681), 1(0, 682), 1(0, 683), 1(0, 684), 1(0, 685), 1(0, 686), 1(0, 687), 1(0, 688), 1(0, 689), 1(0, 690), 1(0, 691), 1(0, 692), 1(0, 693), 1(0, 694), 1(0, 695), 1(0, 696), 1(0, 697), 1(0, 698), 1(0, 699), 1(0, 700), 1(0, 701), 1(0, 702), 1(0, 703), 1(0, 704), 1(0, 705), 1(0, 706), 1(0, 707), 1(0, 708), 1(0, 709), 1(0, 710), 1(0, 711), 1(0, 712), 1(0, 713), 1(0, 714), 1(0, 715), 1(0, 716), 1(0, 717), 1(0, 718), 1(0, 719), 1(0, 720), 1(0, 721), 1(0, 722), 1(0, 723), 1(0, 724), 1(0, 725), 1(0, 726), 1(0, 727), 1(0, 728), 1(0, 729), 1(0, 730), 1(0, 731), 1(0, 732), 1(0, 733), 1(0, 734), 1(0, 735), 1(0, 736), 1(0, 737), 1(0, 738), 1(0, 739), 1(0, 740), 1(0, 741), 1(0, 742), 1(0, 743), 1(0, 744), 1(0, 745), 1(0, 746), 1(0, 747), 1(0, 748), 1(0, 749), 1(0, 750), 1(0, 751), 1(0, 752), 1(0, 753), 1(0, 754), 1(0, 755), 1(0, 756), 1(0, 757), 1(0, 758), 1(0, 759), 1(0, 760), 1(0, 761), 1(0, 762), 1(0, 763), 1(0, 764), 1(0, 765), 1(0, 766), 1(0, 767), 1(0, 768), 1(0, 769), 1(0, 770), 1(0, 771), 1(0, 772), 1(0, 773), 1(0, 774), 1(0, 775), 1(0, 776), 1(0, 777), 1(0, 778), 1(0, 779), 1(0, 780), 1(0, 781), 1(0, 782), 1(0, 783), 1(0, 784), 1(0, 785), 1(0, 786), 1(0, 787), 1(0, 788), 1(0, 789), 1(0, 790), 1(0, 791), 1(0, 792), 1(0, 793), 1(0, 794), 1(0, 795), 1(0, 796), 1(0, 797), 1(0, 798), 1(0, 799), 1(0, 800), 1(0, 801), 1(0, 802), 1(0, 803), 1(0, 804), 1(0, 805), 1(0, 806), 1(0, 807), 1(0, 808), 1(0, 809), 1(0, 810), 1(0, 811), 1(0, 812), 1(0, 813), 1(0, 814), 1(0, 815), 1(0, 816), 1(0, 817), 1(0, 818), 1(0, 819), 1(0, 820), 1(0, 821), 1(0, 822), 1(0, 823), 1(0, 824), 1(0, 825), 1(0, 826), 1(0, 827), 1(0, 828), 1(0, 829), 1(0, 830), 1(0, 831), 1(0, 832), 1(0, 833), 1(0, 834), 1(0, 835), 1(0, 836), 1(0, 837), 1(0, 838), 1(0, 839), 1(0, 840), 1(0, 841), 1(0, 842), 1(0, 843), 1(0, 844), 1(0, 845), 1(0, 846), 1(0, 847), 1(0, 848), 1(0, 849), 1(0, 850), 1(0, 851), 1(0, 852), 1(0, 853), 1(0, 854), 1(0, 855), 1(0, 856), 1(0, 857), 1(0, 858), 1(0, 859), 1(0, 860), 1(0, 861), 1(0, 862), 1(0, 863), 1(0, 864), 1(0, 865), 1(0, 866), 1(0, 867), 1(0, 868), 1(0, 869), 1(0, 870), 1(0, 871), 1(0, 872), 1(0, 873), 1(0, 874), 1(0, 875), 1(0, 876), 1(0, 877), 1(0, 878), 1(0, 879), 1(0, 880), 1(0, 881), 1(0, 882), 1(0, 883), 1(0, 884), 1(0, 885), 1(0, 886), 1(0, 887), 1(0, 888), 1(0, 889), 1(0, 890), 1(0, 891), 1(0, 892), 1(0, 893), 1(0, 894), 1(0, 895), 1(0, 896), 1(0, 897), 1(0, 898), 1(0, 899), 1(0, 900), 1(0, 901), 1(0, 902), 1(0, 903), 1(0, 904), 1(0, 905), 1(0, 906), 1(0, 907), 1(0, 908), 1(0, 909), 1(0, 910), 1(0, 911), 1(0, 912), 1(0, 913), 1(0, 914), 1(0, 915), 1(0, 916), 1(0, 917), 1(0, 918), 1(0, 919), 1(0, 920), 1(0, 921), 1(0, 922), 1(0, 923), 1(0, 924), 1(0, 925), 1(0, 926), 1(0, 927), 1(0, 928), 1(0, 929), 1(0, 930), 1(0, 931), 1(0, 932), 1(0, 933), 1(0, 934), 1(0,
```