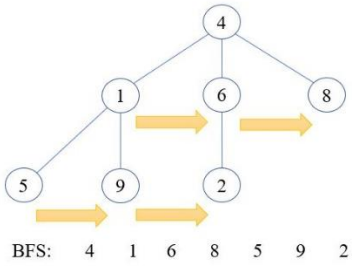
حل 8 Puzzle با استفاده از جستجوهای ناآگاهانه

در این پروژه ما قصد داریم که 8 Puzzle را با استفاده از 4 روش ناآگاهانه ی BFS ، DFS ، LDS و IDS حل کنیم. در ادامه به روش کار هر یک از این الگوریتم ها می پردازیم.

1. الگوریتم BFS :

الگوریتم پیمایش اول سطح یا جستجوی اول سطح (Breadth First Search - BFS) از جمله الگوریتم‌های مشهور پیمایش و جستجوی گراف است که در حل مسائل الگوریتمی و هوش مصنوعی کاربرد دارد. این الگوریتم برای پیمایش و جستجوی گراف از یک صف برای نگهداری ترتیب جستجو استفاده می‌کند .



الگوریتم BFS با وارد کردن گره مبدأ به صف پردازش شروع شده و تا خالی نشدن این صف مراحل زیر را تکرار می‌شود:

1) عنصر جلوی صف را به عنوان گره جاری انتخاب و از صف حذف کن.

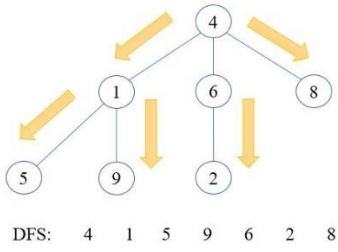
2) گره جاری را پردازش کن.

3) گره‌های مجاور گره جاری که پردازش نشده و در صف پردازش نیز قرار ندارند به این صف اضافه کن.

منظور از پردازش، هر عملی روی گره است که پیمایش یا جستجو به آن نیت صورت گرفته است.

2. الگوریتم DFS :

الگوریتم جستجوی اول عمق (Depth First Search - DFS) یا نام‌های دیگری همچون جستجو در عمق، پیمایش اول عمق، پیمایش عمق اول الگوریتمی مشابه الگوریتم جستجوی اول سطح (BFS) برای پیمایش گراف است. این دو الگوریتم خواص و کاربردهای مشترک بسیاری دارند و تفاوت اصلی در این است که در هر تکرار الگوریتم DFS تنها یکی از گره‌های مجاور گره پردازش شده برای مرحله بعد انتخاب می‌شود. به این ترتیب، الگوریتم DFS به جای صف از یک پشته برای مشخص کردن مسیر پیمایش استفاده می‌کند.



الگوریتم DFS با فرض انتخاب گره مبدأ به عنوان گره جاری از مراحل زیر تشکیل یافته است:

1) گره جاری را به پشته اضافه کن.

2) گره جاری را پردازش کن.

3) از گره‌های مجاور گره جاری یک گره پیمایش نشده را به عنوان گره جاری انتخاب کرده و برو به مرحله (1).

4) اگر همه گره‌های مجاور گره جاری پیمایش شده‌اند، گره بالای پشته را به عنوان گره جاری از پشته حذف کرده و برو به مرحله (3).

5) اگر گرهی در پشته وجود ندارد، اجرای الگوریتم را متوقف کن.

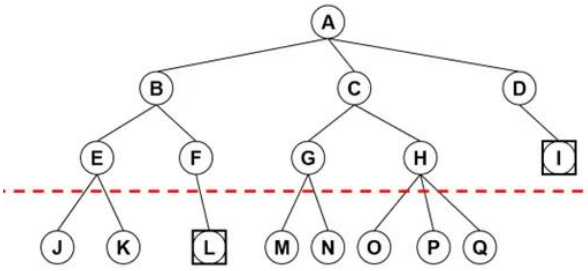
منظور از پردازش، هر عملی روی گره است که پیمایش یا جستجو به آن نیت صورت گرفته است.

3. الگوریتم LDS :

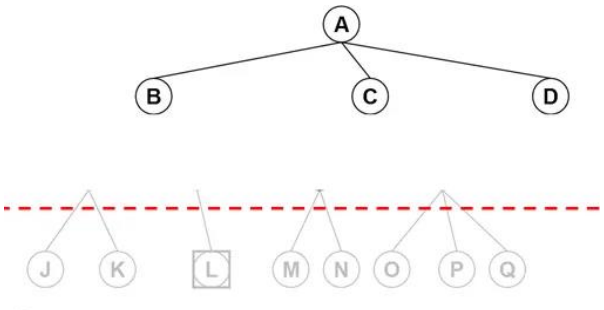
روش این الگوریتم جستجوی با عمق محدود است که در آن اساس کار همان الگوریتم جستجوی عمقی است با این تفاوت که به جای اجرای الگوریتم روی کل درخت جستجو ، جستجو را تا یک عمق معینی از درخت انجام می دهیم ، در این حالت شانس رسیدن به جواب هایی که در عمق کمتری از درخت قرار دارند افزایش پیدا می کند. هرچند در این روش جواب هایی که در عمق پایین تری از عمق تعیین شده قرار دارند از دسترس خارج خواهند شد. حال به بررسی این روش بر روی مثال زیر می پردازیم.

اگر فرض کنیم درخت جستجویی به شکل زیر داریم می خواهیم جستجوی با عمق محدود را بر روی آن اجرا کنیم. محدوده عمق جستجو را با خط قرمز مشخص می کنیم.

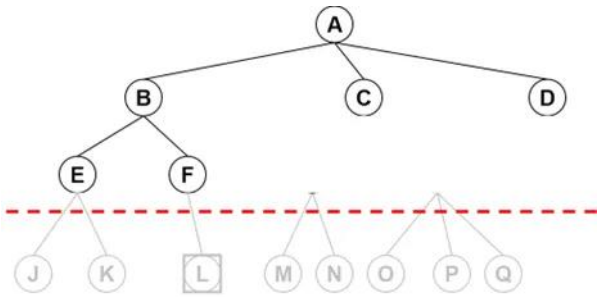
مرحله اول



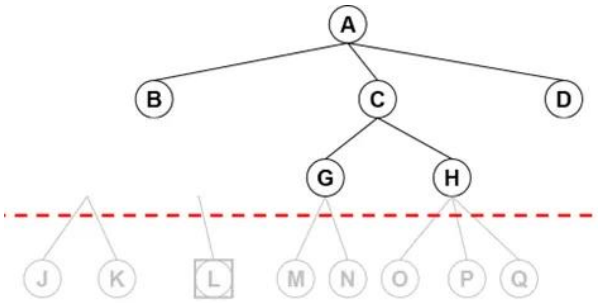
مرحله دوم



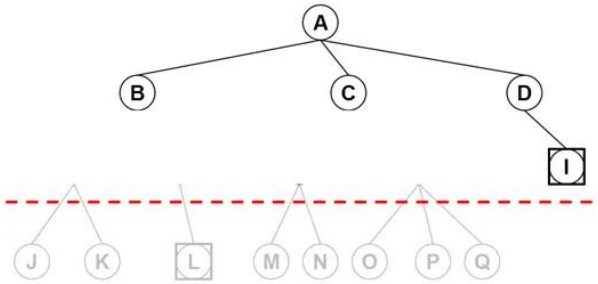
مرحله سوم



مرحله چهارم



مرحله پنجم



در مثال فوق به خوبی مشخص است که الگوریتم دیگر گرفتار عمق نامحدود نمی شود و همینطور به جواب **I** رسیدیم که در لایه دوم از درخت جستجو قرار دارد. اما به بررسی کارایی این الگوریتم می پردازیم:

- **کامل بودن**: خیر (اگر سطحی ترین هدف در خارج از عمق محدود قرار داشته باشد، این راهبرد کامل نخواهد بود)
- **بهینگی**: خیر (با توجه به کامل نبودن قطعا بهبینه نیز نخواهد بود)
- **پیچیدگی زمانی**: به صورت نمایی
- **پیچیدگی فضا**: به صورت خطی

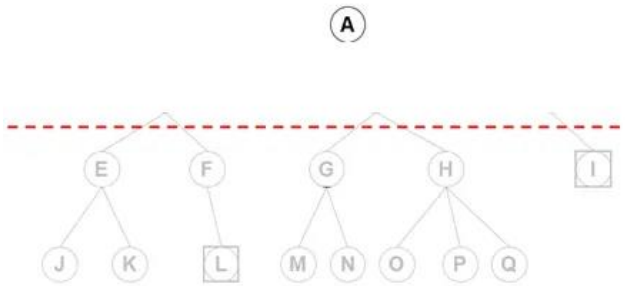
4. الگوریتم IDS :

روش این الگوریتم جستجوی عمیق کننده تکراری می باشد. روش جستجوی با عمق محدود مشکل گرفتاری در عمق نامحدود را حل کرد اما یه مشکل بزرگ داشت. در این روش ما جواب هایی که ممکن بود جواب های بهتری هم باشند اما خارج از محدوده تعیین شده باشند از دست می دادیم. برای برطرف کردن این ایراد باز اصلاحی در ساختار الگوریتم جستجوی عمقی می دهیم تا در عین حال که از مزایای الگوریتم با عمق محدود بهره مند می شویم بتوانیم شانس انتخاب را به جواب های در عمق بیشتر نیز بدهیم .

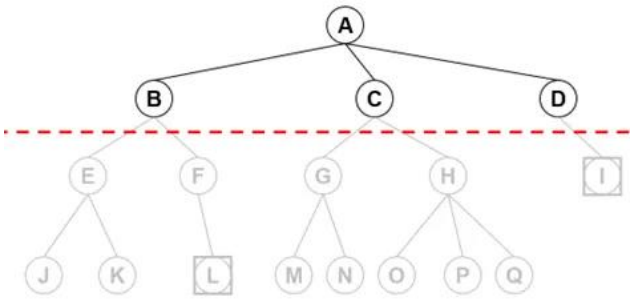
در این روش مثل جستجوی با عمق محدود ، جستجو را تا یک عمق مشخصی انجام می دهیم ، در مرحله بعد محدوده عمق را بیشتر و دوباره جستجوی عمقی را روی آن اجرا می کنیم. این کار را با افزایش عمق جستجو می توانیم بارها و بارها انجام دهیم تا زمانی که به جواب مطلوب برسیم یا اینکه کل درخت پیمایش شود.

در مثال بالایی روش جستجوی عمیق کننده تکراری را اجرا می کنیم. محدوده عمق جستجو در هر مرحله با خط چین قرمز نمایش داده می شود.

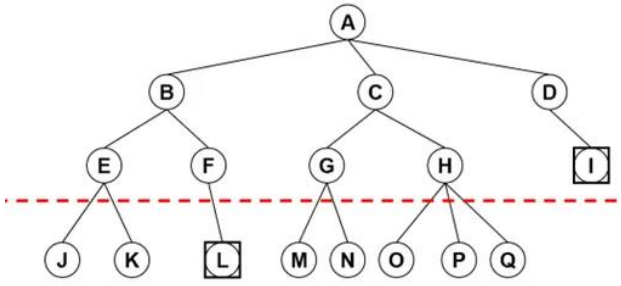
مرحله 1



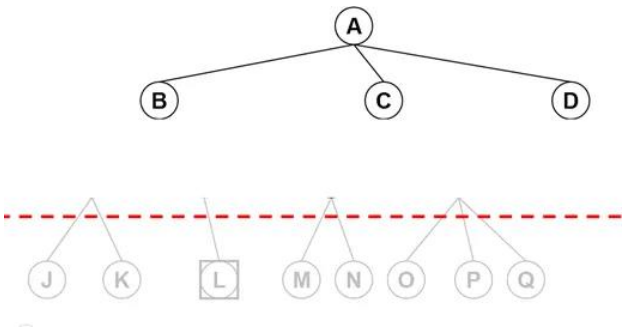
مرحله 2



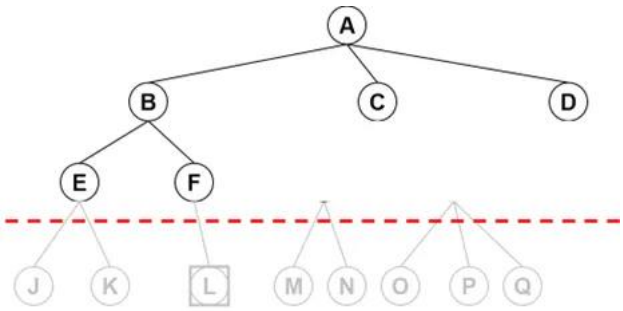
مرحله 3



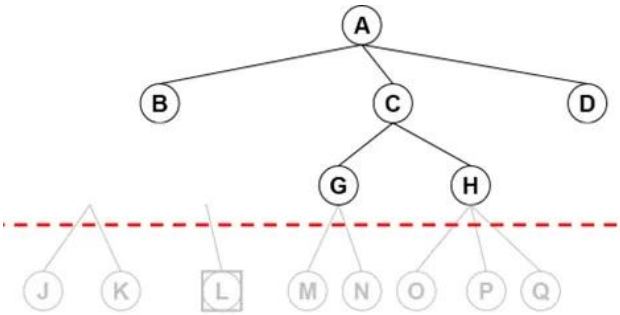
مرحله 4



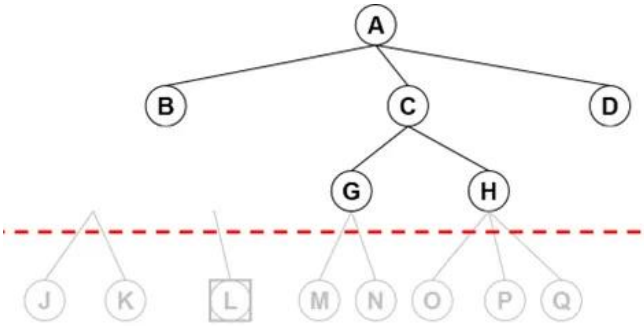
مرحله 5



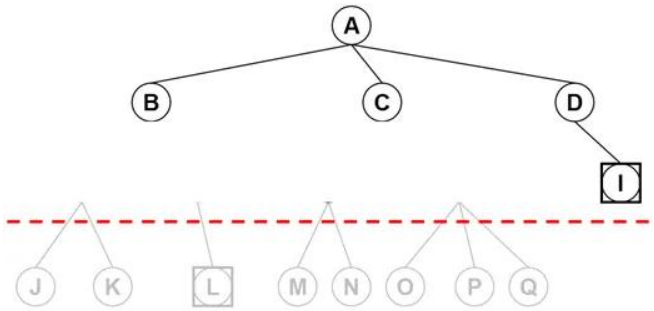
مرحله 6



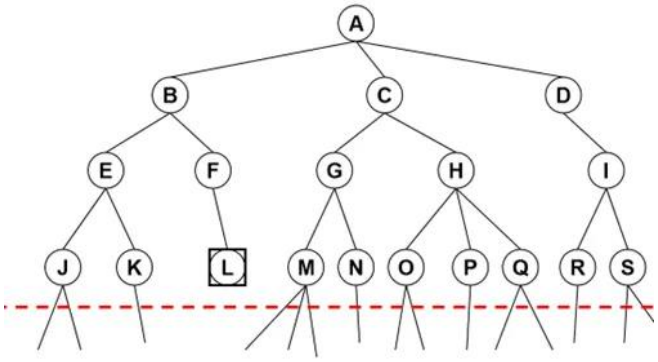
مرحله 7



مرحله 8



مرحله 9



در مراحل بعدی نیز همان کارهایی که از مراحل 1 تا نه انجام شد تکرار خواهد شد، در اولین نگاه در کنار همه مزایای این روش یک مشکل عمده به چشم می خورد و آن تکرار چندین باره یک عمل و بست تکراری گره ها در هر بار افزایش مقدار عمق می باشد. دوباره کاری عمده مشکل این الگوریتم می باشد. حالا به بررسی کارایی این الگوریتم می پردازیم .

- **کامل بودن**: بله (در صورتی که فاکتور انشعاب محدود باشد)
- **بهینگی**: بله (وقتی که هزینه مسیر، تابعی غیر نزولی از عمق گره باشد)
- **پیچیدگی زمانی**: به صورت نمایی
- **پیچیدگی فضا**: به صورت خطی

پس از آشنایی با روش کار الگوریتم های مورد نظر ، اقدام به کد نویسی هر یک از این الگوریتم ها برای حل Puzzle 8 می نماییم.

ابتدا ما حالت هدف و مقادیر ثابت ردیف و ستون و حداقل و حداکثر ابعاد را تعریف می کنیم:

```
# Travis Chamness
# BFS Puzzle Solution by Graph Mode
# Sept 20th 2021
#TODO - implement to allow user to add their own Goal.
GOAL = [[0, 1, 2], [3, 4, 5], [6, 7, 8]]
ROW = 0
COL = 1
MIN_DIMENSION = 0
MAX_DIMENSION = 2
```

سپس کلاسی تحت عنوان گره یا Node ایجاد می کنیم تا به وسیله ی آن گره های درخت پیمایش را ایجاد کنیم:

```
#Taken from Lab 3
class Node:
```

در ابتدای تعریف هر کلاس در زبان پایتون معمولاً تابع __init__ را ایجاد می کنند که بیانگر شرایط و صفات اوّلیّه ی کلاس می باشد و می تواند حکم سازنده ی کلاس (Constructor) را داشته باشد:

```
    def __init__(self, state, start, parent, movement):
        self.parent = parent
        self.location = start
        self.neighbors = [] # Neighbors from this current state of the
graph
        self.state = state # Puzzle at this current state
        self.movement = movement # Movement in the puzzle resulting in the
state
```

در ادامه ی بخش بالا برای الگوریتم های DLS و IDS از صفت زیر برای انتساب عمق جستجو استفاده می شود:

```
        self.depth = depth # Current depth of the branch
```

همانطور که مشاهده می کنید ، کلیه ی متغیرهای ورودی این تابع به متغیر self آن نسبت داده شدند و مقدار این متغیرها به صفات اصلی این کلاس تبدیل شدند.

در ادامه تابع مقایسه ی وضعیت تعریف می شود که در آن وضعیت دو گره متفاوت بررسی و مقایسه می شود:

```
    #utility for comparing nodes
    def compare_state(self, state):
        same = True
        for i, row in enumerate(self.state):
            if same:
                for j,val in enumerate(row):
                    if val != state[i][j]:
                        same = False
                        break
            else:
                break
        return same
```

در این بخش تابع بررسی هدف بودن وضعیت حاضر تعریف می شود:

```
    #Tests current state against the GOAL state
    def goal_test(self):
        return self.compare_state(GOAL)
```

در این بخش تابع کپی گره تعریف می شود که وظیفه ی آن ایجاد یک گره فرزند جدید با استفاده از مشخصات قبلی ، مانند وضعیت ، موقعیت ، والد و حرکت می باشد:

```
    def copy(self):
        newNode = Node(self.state, self.location, self.parent,
self.movement)
        return newNode
```

در این بخش ما تابع مقایسه را تعریف می کنیم که کار آن بررسی برابری دو گره است و مباحث حرکت و والد گره را لحاظ نمی کند:

```
    # Compares two nodes for whether or not they are the same
    #   Does not consider the movement, because a movement may not have
happened yet, and certainly should not happen again.'
    #   Also will not consider parent because the parent is irrelevant to
the same state being found
    def compare(self, o):
        if o == None:
            return False
        elif o is self:
            return True
        else:
            return self.location == o.location and
self.compare_state(o.state)
```

در این بخش ما تابع بررسی قرار داشتن گره در بسته مورد نظر در مراحل مختلف را تعریف می کنیم:

```
def not_in_closed(currentNode, closed):
    in_closed = False
    for node in closed:
        if in_closed:
            break
        else:
            in_closed = currentNode.compare(node)
    return in_closed
```

در این بخش تابع خواندن و دریافت پازل مورد نظر کاربر تعریف می شود:

```
#Reads puzzle from file or user
def create_puzzle():
    #For user specified puzzle
    # maze_name = input("Enter puzzle name(Example - puzzle.txt): ")
    #For Hardcoded puzzle use
    # maze_name = "puzzle1.txt"
    # maze_name = "puzzle2.txt"
    maze_name = "puzzle3.txt"
    # maze_name = "puzzle4BFS.txt"
    file = open(maze_name, "r")
    lines = file.readlines()
    puzzle = []
    for line in lines:
        arr = []
        for character in line:
            if character != '\n':
                arr.append(int(character))
            else:
                break
        puzzle.append(arr)
    return puzzle
```

در این بخش پازل مورد نظر بررسی و خانه ی خالی آن برای شروع حرکت و حلّ مشخّص می شود:

```
#prints the puzzle and identifies the starting position.
def print_puzzle_id_start(puzzle, find_start = False):
    for i, row in enumerate(puzzle): # Technical Row of the puzzle which is
enumerated with identifier i
        print()
        for j, val in enumerate(row): # Technical Col of the puzzle which
is enumerated with identifier j
            if val != '\n':
                if val  == 0:
                    print(" ", end=' ') #IDE says branch never entered?
                    start = [i,j] # Utilize the Row Column shape of the
puzzle to describe the starting location with i,j
                else:
                    print(str(val), end=' ')
    print('\n')
    # Optionally return the start location, defaults as off
    if find_start:
        return start
    else:
        return ''
```

در این بخش تابع پسین حل این پازل ایجاد می شود که شامل موراد BFS ، DFS ، DLS و IDS می شود:

1. BFS:

```
def bfs_successor_func(currentNode):
    #UP
    copyLocation = currentNode.location.copy()
    copyState = [row[:] for row in currentNode.state]
    if copyLocation[ROW] != MIN_DIMENSION:
        temp = copyState[copyLocation[ROW] - 1][copyLocation[COL]]
        copyState[copyLocation[ROW]-1][copyLocation[COL]] =
copyState[copyLocation[ROW]][copyLocation[COL]]
        copyState[copyLocation[ROW]][copyLocation[COL]] = temp
        copyLocation[ROW] = copyLocation[ROW] - 1
        newNode = Node(copyState, copyLocation, currentNode, 'U')
        currentNode.neighbors.append(newNode)
    #Left
    copyLocation = currentNode.location.copy()
    copyState = [row[:] for row in currentNode.state]
    if copyLocation[COL] != MIN_DIMENSION:
        temp = copyState[copyLocation[ROW]][copyLocation[COL] - 1]
        copyState[copyLocation[ROW]][copyLocation[COL] - 1] =
copyState[copyLocation[ROW]][copyLocation[COL]]
        copyState[copyLocation[ROW]][copyLocation[COL]] = temp
        copyLocation[COL]= copyLocation[COL] - 1
        newNode = Node(copyState, copyLocation, currentNode, 'L')
        currentNode.neighbors.append(newNode)
    #Down
    copyLocation = currentNode.location.copy()
    copyState = [row[:] for row in currentNode.state]
    if copyLocation[ROW] != MAX_DIMENSION:
        temp = copyState[copyLocation[ROW] + 1][copyLocation[COL]]
        copyState[copyLocation[ROW]+1][copyLocation[COL]] =
copyState[copyLocation[ROW]][copyLocation[COL]]
        copyState[copyLocation[ROW]][copyLocation[COL]] = temp
        copyLocation[ROW] += 1
        newNode = Node(copyState, copyLocation, currentNode, 'D')
        currentNode.neighbors.append(newNode)
    #Right
    if copyLocation[COL] != MAX_DIMENSION:
        temp = copyState[copyLocation[ROW]][copyLocation[COL]+1]
        copyState[copyLocation[ROW]][copyLocation[COL]+1] =
copyState[copyLocation[ROW]][copyLocation[COL]]
        copyState[copyLocation[ROW]][copyLocation[COL]] = temp
        copyLocation[COL] += 1
        newNode = Node(copyState, copyLocation, currentNode, 'R')
        currentNode.neighbors.append(newNode)

    return currentNode
```

2 , 3 , 4. DFS and DLS and IDS:

```
def dfs_successor_func(currentNode):
    copyLocation = currentNode.location.copy()
    copyState = [row[:] for row in currentNode.state]
    #Order reversal of Operation that mimics the stack for U, L, D, R order
    #Right
    if copyLocation[COL] != MAX_DIMENSION:
        temp = copyState[copyLocation[ROW]][copyLocation[COL]+1]
        copyState[copyLocation[ROW]][copyLocation[COL]+1] =
copyState[copyLocation[ROW]][copyLocation[COL]]
        copyState[copyLocation[ROW]][copyLocation[COL]] = temp
        copyLocation[COL] += 1
        newNode = Node(copyState, copyLocation, currentNode, 'R')
        currentNode.neighbors.append(newNode)
    #Down
    copyLocation = currentNode.location.copy()
    copyState = [row[:] for row in currentNode.state]
    if copyLocation[ROW] != MAX_DIMENSION:
        temp = copyState[copyLocation[ROW] + 1][copyLocation[COL]]
        copyState[copyLocation[ROW]+1][copyLocation[COL]] =
copyState[copyLocation[ROW]][copyLocation[COL]]
        copyState[copyLocation[ROW]][copyLocation[COL]] = temp
        copyLocation[ROW] += 1
        newNode = Node(copyState, copyLocation, currentNode, 'D')
        currentNode.neighbors.append(newNode)
    #Left
    copyLocation = currentNode.location.copy()
    copyState = [row[:] for row in currentNode.state]
    if copyLocation[COL] != MIN_DIMENSION:
        temp = copyState[copyLocation[ROW]][copyLocation[COL] - 1]
        copyState[copyLocation[ROW]][copyLocation[COL] - 1] =
copyState[copyLocation[ROW]][copyLocation[COL]]
        copyState[copyLocation[ROW]][copyLocation[COL]] = temp
        copyLocation[COL]= copyLocation[COL] - 1
        newNode = Node(copyState, copyLocation, currentNode, 'L')
        currentNode.neighbors.append(newNode)
    #UP
    copyLocation = currentNode.location.copy()
    copyState = [row[:] for row in currentNode.state]
    if copyLocation[ROW] != MIN_DIMENSION:
        temp = copyState[copyLocation[ROW] - 1][copyLocation[COL]]
        copyState[copyLocation[ROW]-1][copyLocation[COL]] =
copyState[copyLocation[ROW]][copyLocation[COL]]
        copyState[copyLocation[ROW]][copyLocation[COL]] = temp
        copyLocation[ROW] = copyLocation[ROW] - 1
        newNode = Node(copyState, copyLocation, currentNode, 'U')
        currentNode.neighbors.append(newNode)
    return currentNode
```

همان گونه که مشاهده می کنید ، در روش BFS ابتدا جهت های بالا ، چپ ، پایین و راست به ترتیب بررسی می شوند و در سایر روش ها (DFS , DLS , IDS) ابتدا جهت های راست ، پایین ، چپ و بالا بررسی می شوند.

در این بخش تابع مسیر پر کردن پازل با گره تعریف می شود:

```
def populate_path(node):
    path = []
    currentNode = node.copy()
    while currentNode != None:
        path.insert(0, currentNode.movement)
        currentNode = currentNode.parent
    return path
```

در این بخش تابع اضافه کردن گره های جاری به حاشیه تعریف می شود:

```
def append_to_fringe(fringe, currentNode):
    for node in currentNode.neighbors:
        fringe.append(node.copy())
    return fringe
```

در این بخش ما تابع حل کننده ی پازل را برای روش های مختلف تعریف می کنیم:

1. BFS:

```
def bfs_solution(puzzle):
    find_start = True
    goalFound = False
    start = print_puzzle_id_start(puzzle, find_start)
    path = []
    closed = []
    currentNode = None
    head = Node(puzzle, start, None, None)
    fringe = [head]
    iteration = 0
    while not goalFound and fringe:
        iteration += 1
        in_closed = False
        #Dequeue the 0th place node from the fringe
        currentNode = fringe.pop(0)
        #Test the current node state against the goal state
        goalFound = currentNode.goal_test()
        print(print_puzzle_id_start(currentNode.state))
        #Determine if the current node is in the closed set
        in_closed = not_in_closed(currentNode, closed)
        if not goalFound and not in_closed:
            closed.append(currentNode)
            currentNode = bfs_successor_func(currentNode)
            fringe = append_to_fringe(fringe, currentNode)
        elif goalFound:
            path = populate_path(currentNode)
        print(iteration)
    print(path)
    return path, len(path) - 1
```

2. DFS:

```
def dfs_solution(puzzle):
    find_start = True
    goalFound = False
    start = print_puzzle_id_start(puzzle, find_start)
    print("Start Location: ",start)
    path = []
    closed = []
    head = Node(puzzle, start, None, None) #initialized head on Fringe
    currentNode = None
    fringe = [head]
    while not goalFound and fringe:
        in_closed = False
        currentNode = fringe.pop()
        goalFound = currentNode.goal_test()
        print(print_puzzle_id_start(currentNode.state))
        in_closed = not_in_closed(currentNode, closed)
        if not goalFound and not in_closed:
            closed.append(currentNode)
            currentNode = dfs_successor_func(currentNode)
            fringe = append_to_fringe(fringe, currentNode)
        elif goalFound:
            path = populate_path(currentNode)
            #append to fringe
    print(path)
    return path, len(path) - 1
```

3 , 4. DLS and IDS:

```
def dls_solution(puzzle, limit):
    find_start = True
    goalFound = False
    start = print_puzzle_id_start(puzzle, find_start)
    print("\nStart Location:",start)
    path = []
    closed = []
    head = Node(puzzle, start, None, None, 0) #initialized head on Fringe
    currentNode = None
    fringe = [head]
    while not goalFound and fringe:
        in_closed = False
        currentNode = fringe.pop()
        goalFound = currentNode.goal_test()
        print("{} \nNodeDepth:
{}".format(print_puzzle_id_start(currentNode.state), currentNode.depth))
        in_closed = not_in_closed(currentNode, closed)
        if not goalFound and currentNode.depth < limit and not in_closed:
            closed.append(currentNode)
            currentNode = dfs_successor_func(currentNode)
            fringe = append_to_fringe(fringe, currentNode)
        elif goalFound:
            path = populate_path(currentNode)
            #append to fringe
    print(path)
    return path, len(path) - 1
```

همان گونه مه در روش های DLS و IDS مشاهده می کنید ، در این دو روش در هر مرحله میزان عمق پیمایش شده بررسی می شود تا از میزان عمق مشخص شده بیشتر نباشد.

برای روش IDS یک تابع دسته بندی کننده ی جواب های حاصل تعریف می کنیم که این جواب ها با توجّه به قسمت قبلی با استفاده از روش DLS به دست می آیند:

```
def dls_solution_wrapper(depth):
    path = []
    for i in range(depth):
        if not path:
            iterationDepth = i + 1
            path = dls_solution(create_puzzle(), iterationDepth)
        else: break
    return path, len(path) - 1
```

برای اجرای برنامه از دستور زیر با فراخوانی های مختلف مشخص شده برای هر روش استفاده می کنیم:

```
if __name__ == '__main__':
```

1. BFS:

```
    bfs_solution(create_puzzle())
```

2. DFS:

```
    dfs_solution(create_puzzle())
```

3 , 4. DLS and IDS:

```
    dls_solution(create_puzzle(), 3)
```