СТРАТЕГІЇ НАЛАГОДЖЕННЯ ПРОГРАМНОГО КОДУ МОВОЮ PYTHON

Питання 7.3

Налагодження (debugging) коду

- Налагодження передбачає кілька припущень:
  - Відомо, що повинна робити коректна програма.
  - Відомо, що в програмі є дефект.
  - Зрозуміло, що дефект потрібно налагодити.
  - Відомо, як це зробити.
- Розглянемо 3 стратегії налагодження винятків:
  - 1. Читання коду в місці помилки.
  - 2. Ідентифікація помилки в повідомленні.
  - 3. Перехоплення винятків (Catching Exceptions).
- Загалом винятки в Python відносять до однієї з двох категорій:
  - Винятки, що виникають ***до*** виконання коду (синтаксичні помилки, SyntaxErrors)
  - Винятки, що виникають ***під час*** виконання коду.
    - Інтерпретація коду починається лише тоді, коли відсутні синтаксичні помилки.

Синтаксичні помилки (SyntaxError)

- Найпростіші для виправлення.
  - Тип SyntaxError та його підтип IndentationError.
  - Python не може інтерпретувати / токенізувати команду коректно через помилки в її написанні.
  - Часто виникають через опечатки в коді

```
imprt pygame
```

```
File "load_tiles.py", line 2
    imprt pygame
               ^

SyntaxError: invalid syntax
```

```
TILE_POSITIONS = [
    ('#', 0, 0), # wall
    (' ', 0, 1), # floor
    ('.', 2, 0), # dot
    ('*', 3, 0), # player
```

```
SyntaxError: unexpected EOF while parsing
```

Схожі дефекти в коді можуть вести до різних повідомлень про помилку!

- Приклад: редактор коду рахує дужки та вказує на їх відсутність.
  - Можна відстежити SyntaxError, проте опис часто неточний.
  - Відсутність відкриваючої дужки спровокує іншу помилку, ніж відсутність закриваючої: отримаємо IndentationError.

```
TILE_POSITIONS = ('#', 0, 0), # wall
                 (' ', 0, 1), # floor
                 ('.', 2, 0), # dot
                 ('*', 3, 0), # player
                ]
```

→

```
IndentationError: unexpected indent
```

1. Стратегія читання помилки в місці виникнення

- Найбільш поширена стратегія:
  - Спершу переглянути рядок, на який вказує повідомлення про помилку.
  - Далі розгляньте рядок над ним.
  - Скопіюйте частину коду в окремий файл: чи залишилась SyntaxError?
  - Перевірте пропущені двокрапки після інструкцій if, for, def, class тощо.
  - Перевірте відсутні дужки, редактор має допомогти.
  - Перевірте незакриті лапки.
  - Закоментуйте рядок коду, що викликає помилку: чи залишилась помилка?
  - Перевірте версію Python.
  - Перевірте, що код відповідає PEP8

2. Стратегія розгляду повідомлення про помилку

- Для створення зображення утворимо словник будівельних блоків (tiles) лабіринту.
  - Прямокутники є об’єктами pygame.Rect.
  - Створюємо прямокутники в допоміжній функції get_tile_rect(), а словник – у функції load_tiles().

```
from pygame import image, Rect, Surface

def get_tile_rect(x, y):
    """Converts tile indices to a pygame.Rect"""
    return Rect(x * SIZE, y * SIZE, SIZE, SIZE)

def load_tiles():
    """Returns a dictionary of tile rectangles"""
    tiles = {}
    for symbol, x, y in TILE_POSITIONS:
        tiles[x] = get_tile_rect(x, y)
    return tiles
```

2. Стратегія розгляду повідомлення про помилку

- Тепер можна викликати функцію та спробувати отримати блок стінки (wall tile, позначений ‘#’) з нашого словника:

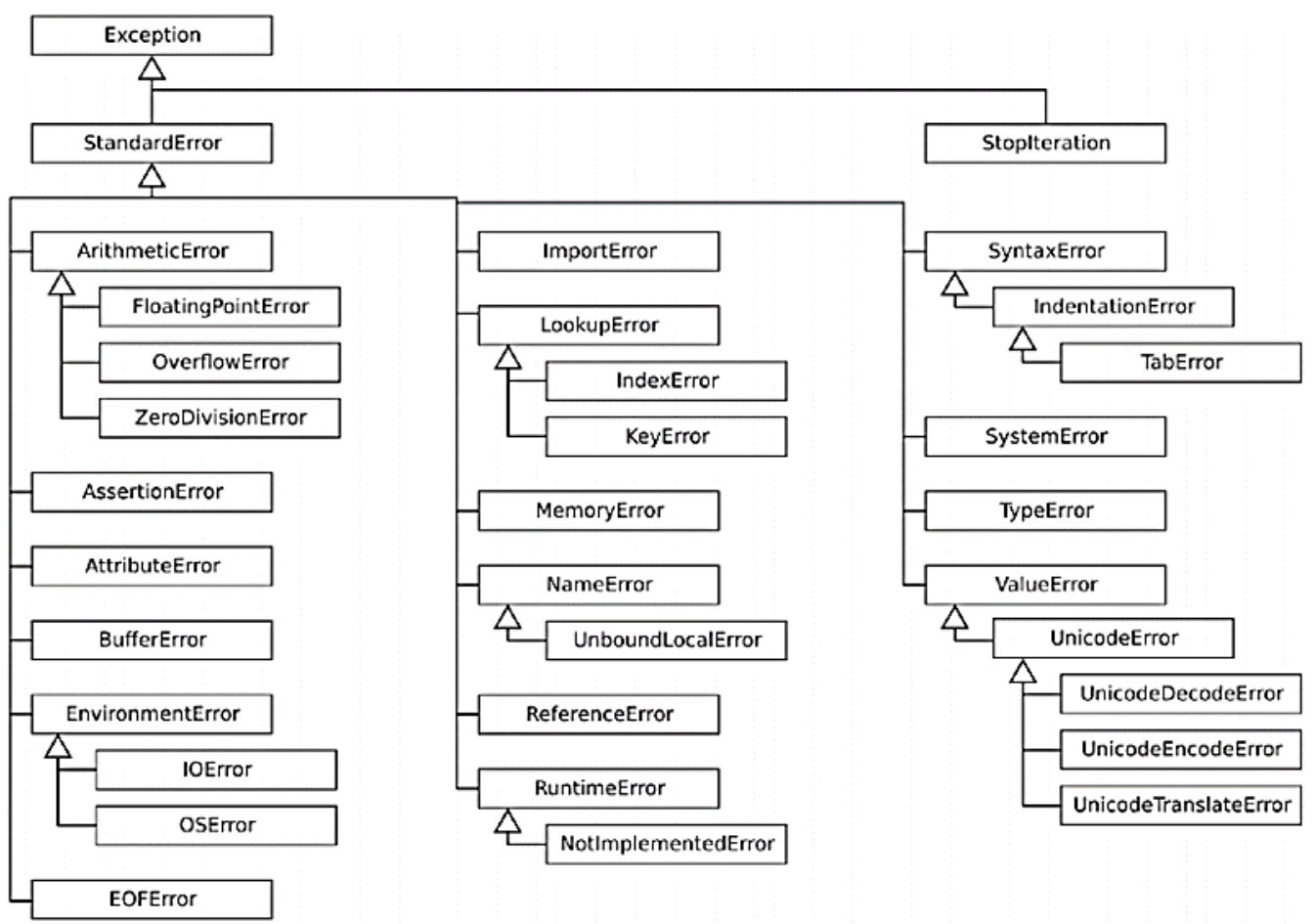
```
tiles = load_tiles()
r = get_tile_rect(0, 0)
wall = tiles['#']
```

```
Traceback (most recent call last):
  File "load_tiles.py", line 32, in <module>
    wall = tiles['#']
KeyError: '#'
```

  - Незважаючи на помилку, проблем із запитом на отримання ‘#’ з tiles не видно: помилка десь в іншому місці.
  - Повідомлення про помилку в Python містить 3 важливі частини:
    - Тип помилки,
    - Опис помилки,
    - Трасування (the traceback).

Тип помилки

- Повідомлення про помилку означає, що Python викликав деякий клас винятка (Exception).
  - Усі винятки є підкласами класу Exception.
  - У Python 3.5 присутні 47 різних типів виключень.
  - Побачити повний список можна, виконавши код
  - `[x for x in dir(__builtins__) if 'Error' in x]`



Опис помилки та трасування (traceback)

- Текст після типу помилки описує проблему, яка трапилась.
  - Точність таких описів різна.
  - Наприклад, при виклику функцій із занадто великою або малою кількістю аргументів:
  - **TypeError: get_tile_rect() takes 2 positional arguments but 3 were given**
- У випадку з KeyError єдина отримана інформація – символ '#'.
  - Цієї інформації недостатньо.
- Трасування містить точну інформацію, де в коді трапився виняток:
  - 1. Копію виконаного коду. Інколи дефект відстежується відразу.
  - 2. Номер рядка, в якому трапилась помилка. Дефект повинен бути в цьому рядку або в раніше виконаному коді.
  - 3. Виклики функцій, що призвели до помилки. При отримуванні довгого тексту починайте його читання з кінця. Не завжди, проте часто записи в кінці підказують, де шукати проблему.

```
Traceback (most recent call last):
  File "load_tiles.py", line 32, in <module>
    wall = tiles['#']
KeyError: '#'
```

Дедуктивний логічний вивід

- Якщо ключ '#' відсутній у словнику, чи взагалі ключ записується?
- У якому рядку це відбувається?
- Чи був досягнутий цей рядок?
  - У функції load_tiles() присвоюються неправильні ключі:
  - Потрібно писати tiles[***symbol***] = get_tile_rect(x, y)

```
def load_tiles():
    """Returns a dictionary of tile rectangles"""
    tiles = {}
    for symbol, x, y in TILE_POSITIONS:
        tiles[x] = get_tile_rect(x, y)
    return tiles
```

- Певне логічне виведення було необхідним, оскільки Exception трапився в іншому рядку, ніж вказав опис помилки.
  - Може існувати кілька можливих дефектів, що ведуть до одного симптому.
  - Інколи доводиться перевіряти кілька місць.

3. Перехоплення виключень (Catching Exceptions)

- Далі можна спробувати завантажувати зображення з tiles:

```
from pygame import image, Rect

tile_file = open('tiless.xpm', 'rb')
```

```
FileNotFoundError: [Errno 2] No such file or directory: 'tiless.xpm'
```

- Дефект – помилка в назві файлу.
  - Потрібно перевірити шлях до файлу та його назву в коді.
  - Часто проблеми в деталях: абсолютних та відносних шляхах, пропущених знаках «_», «-», «\\» у рядках у мові Python.
  - Дефект, який веде до IOError, майже завжди полягає в неправильній назві файлу.

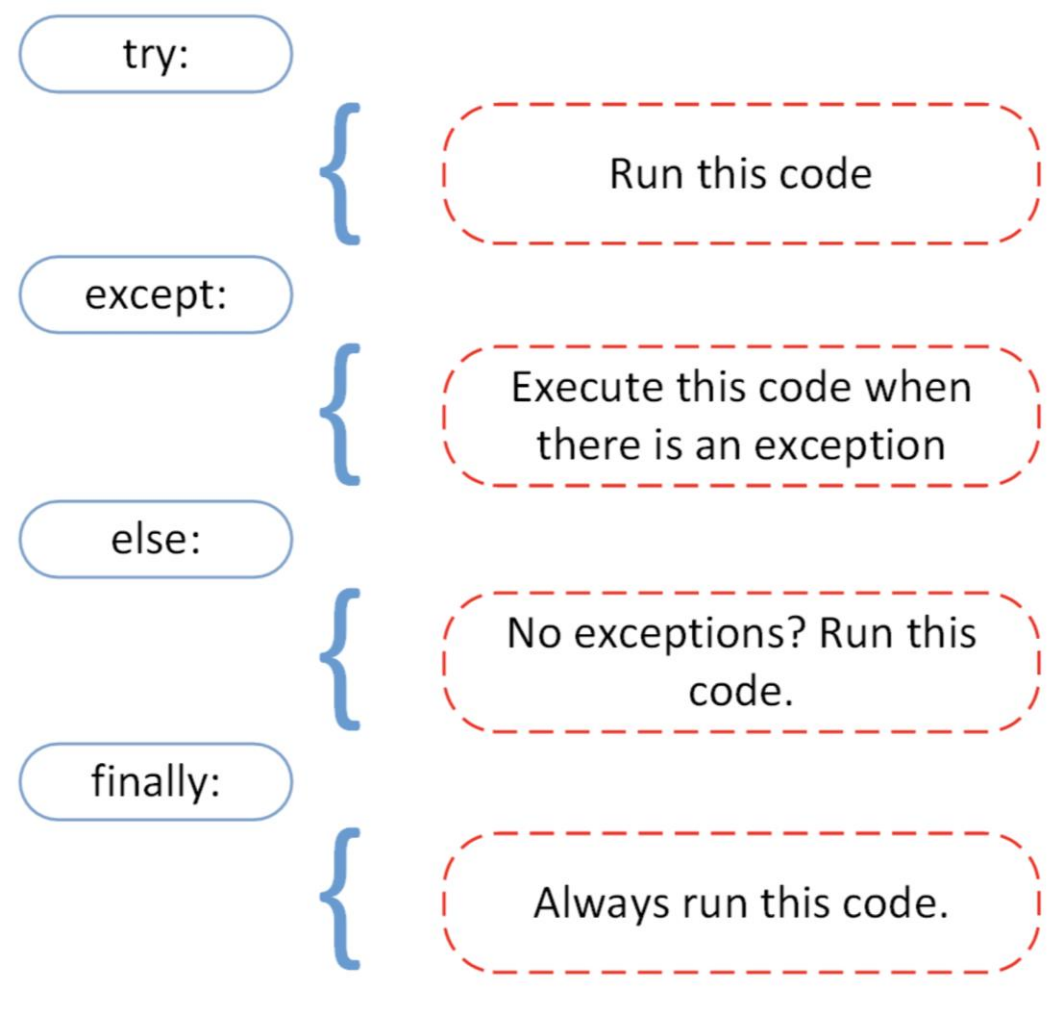
3. Перехоплення винятків

- Неможливо попередити кожний Python-виняток.
  - Альтернатива – реагувати на винятки в коді програми.
  - Спробувати виконати операцію з перспективою її збою дозволяє оператор try.. except:

```
filename = input("Enter the file name: ")
try:
    tiles = load_tile_file(filename)
except IOError:
    print("File not found: {}".format(filename))
```

- В операторі except реагуємо на конкретний виняток.
  - Перехоплення (Catching) винятків корисне для зберігання важливих даних до переривання роботи програми.

3. Перехоплення винятків



- Буває складно врахувати всі можливі шляхи виконання програми та місця виникнення винятків.
- Потрібно обережно вирішувати, які винятки перехоплювати:
  - diaper pattern – погана практика:

```
try:
    call_some_functions()
except:
    pass
```

  - Перехоплюється все, винятки зникають, проте значно ускладнюється їх діагностика.
  - Хороша практика – використовувати try.. except тільки у визначених ситуаціях та перехоплювати певний тип виключень.

Кращі практики налагодження IOErrors

1. Знайти точне місце файлу в терміналі чи переглядачі.

2. Надрукувати шлях до файлу, що використовується в програмі. Порівняти зі справжнім шляхом.

3. Перевірити поточну робочу директорію (import os; print(os.getcwd ())).

4. Замінити відносні шляхи абсолютними.

- **На Unix:** перевірити права доступу до файлу.
  - Використовуйте модуль os.path для обробки шляхів та папок.
  - Обережно із бекслешами у шляху! Необхідно замінити їх на слеші (/) або подвійні бекслеші (\\).

Помилки та дефекти: резюме

- Підсумовуємо спостереження:
  - Інколи повідомлення про помилку прямо вказує на дефект (SyntaxError).
  - Часто це не так і потрібно розглядати кілька можливостей (як з IOError).
  - Інші повідомлення про помилку більш заплутані та вимагають досвіду, щоб з'ясувати проблему.
- У Python багато дефектів можуть призводити до однієї помилки.
  - Поширена ситуація для TypeError, ValueError, AttributeError та IndexError.
- Інша ситуація, коли ми надаємо неправильні дані бібліотечним функціям.
  - Винятки викидається з бібліотеки, а не з Вашого коду.
  - Тут повідомлення про помилку визначальне: звертайте увагу на всі три риси – місце в коді, тип помилки та результати трасування.

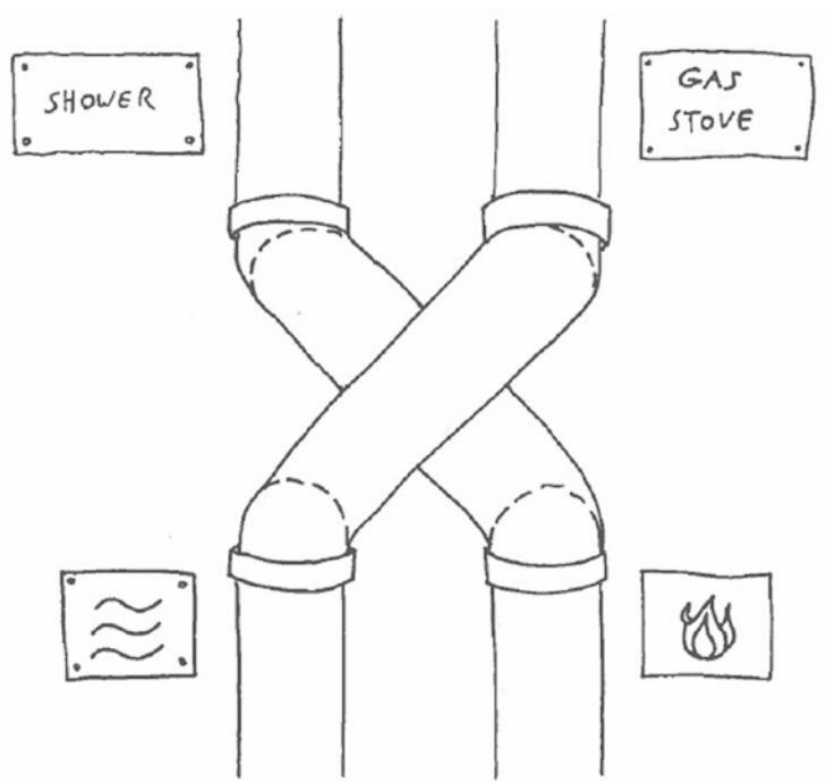
Основні причини виникнення дефектів

- ***Помилки під час реалізації:*** відсутні двокрапки, помилки в назвах змінних, забуті чи неправильно використані параметри тощо.
  - Більшість цих дефектів знайдуться рано, часто з проявом виключень.
- ***Погане планування*** – код уже задумувався неправильно: обрано недоречний підхід до вирішення задачі, не враховано важливі деталі реалізації тощо.
  - Важче розпізнаються. Хороша стратегія усунення – тестування на ранньому етапі розробки.
- ***Поганий дизайн коду*** веде до дефектів опосередковано: надмірний код та недостатня документованість ускладнює подальші зміни програми.

Рекомендовані практики написання коду

- Дефекти, які не виводять повідомлення про помилку, називають ***семантичними помилками (semantic errors).***
  - Для їх відстеження корисно перевіряти очікуваний вивід при заданому вводі даних.
  - Деякі помилки видно відразу з виводу, деякі потрібно віднайти в коді.
  - Деякі дефекти не спричиняють помилку виводу напряму, а поширюються в програмі, поки не спричинять помилку виводу.
- Крім дефектів, код може містити проектні недоліки (**design weaknesses).**
  - Такий код підлягає помилкам доповнення функціональності, а вже існуючі помилки важче виявляти.

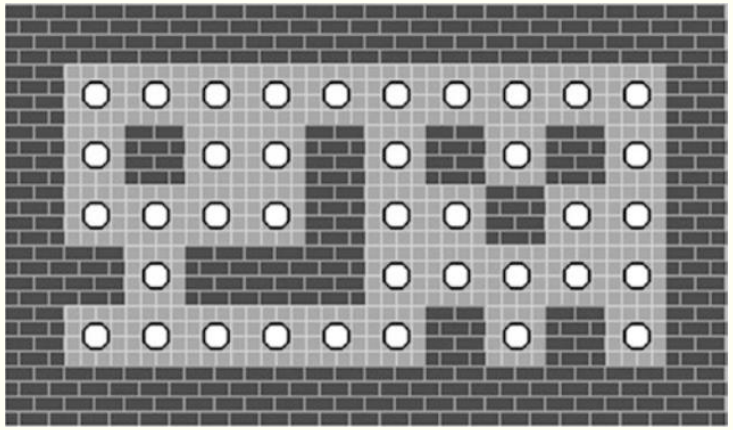
Семантичні помилки в Python



- Трапляються, коли програма працює без винятків, проте результат її роботи відрізняється від очікуваного.
  - Такі дефекти важче відстежити, оскільки немає повідомлень про помилку.
  - Причини семантичних помилок інколи дуже прості: опечатки, пропущені рядки, неправильний порядок інструкцій та ін.
  - Перша можлива проблема – недостатня чіткість очікувань.

Очікування перевіряються простими прикладами

- **Ввід:** два цілих числа x та y, що визначають розмір лабіринту в блоках (grid tiles).
- **Вивід:** випадковий лабіринт, що складається з сітки x * y блоків.
  - Лабіринт оточується фреймом зі стінок (wall tiles, #).
  - Містить взаємопов’язану мережу з’єднаних коридорів, розділених стінками та заповнених крапками.
  - Виглядає, наприклад, так:



Дефекти у присвоєнні змінних

- Розпочнемо з функції create_grid_string(), яка продукує остаточний лабіринт.
  - Вхід: Python-множина з крапок та розміри сітки x, y.
  - Вивід: лабіринт у вигляді рядка.
  - Множина забезпечує унікальність позиції кожної крапки:

```
dots = set(((1,1), (1,2), (1,3), (2,2), (3,1), (3,2), (3,3)))
create_grid_string(dots, 5, 5)
```

  - Очікуємо отримати:

```
#####
#.#.#
#...#
#.#.#
#####
```

Можлива реалізація create_grid_string()

```
def create_grid_string(dots, xsize, ysize):
    grid = ""
    for y in range(ysize):
        for x in range(xsize):
            grid += "." if (x, y) in dots else "#"
        grid += "\n"
    return grid
```

- Починаємо з присвоєння сітці порожнього рядка.
- Можливі проблеми:
  - Пропустивши цю інструкцію, отримаємо UnboundLocalError.
  - Ініціалізувавши на рядок нижче, в циклі, отримаємо тільки #####:
    - for y in range(ysize):

      grid = ""

Ненавмисне присвоєння чи порівняння

- Схожа семантична помилка, пов’язана з неправильним оператором присвоєння.
  - Наприклад, замінимо оператор «+=» на «=»: **grid** = "**n**“
  - Скоріше всього, результат опечатки.
- На прикладі тернарного виразу grid = "." if (x, y) in dots else "#“
  - Змінна grid реініціалізується на кожній ітерації циклу.
  - Виведеться тільки символ #.
- Менш поширена помилка: grid == "\n"
  - Часто є результатом опечатки.
  - У результаті дефекту вивід не міститиме переходів на новий рядок:
  - ######.#.##...##.#.######
- Відстежити дефект можна за 2 кроки:
  - 1) зрозуміти, що відсутні переходи на новий рядок.
  - 2) перевірити відповідний код.

Неправильні змінні у виразі

- Нехай буде сітка розміром (xsize, ysize) замість (x, y) з тернарного виразу:
  - grid += "." if (xsize, ysize) in dots else "#“
  - if-умова ніколи не стане True, а вираз ніколи не поверне "."
  - Отримаємо суцільну стіну:

```
#####
#####
#####
#####
#####
```

- Можна переплутати рядки в тернарному виразі:
  - Запишемо grid += "#" if (x, y) in dots else "."
  - Вивід буде інвертованим:

```
.....
.#.#.
.###.
.#.#.
.....
```

- Дефекти, засновані на інверсії, переміщенні та плутанині дуже поширені.
  - Такий вид дефектів може накладатись на інші дефекти.
  - Наприклад, інвертування з оператором not (вивід знову коректний):
  - **grid += "#" if not (xsize, ysize) in dots else "."**

Дефекти в індексації

- 1) Для створення лабіринту генеруємо всі позиції, в яких крапки можуть з'являтись (крім меж лабіринту).
  - Для сітки 5 × 5 очікуваний вивід:
  - Можна застосувати спискове включення (розглядатиметься пізніше):

```
#####
#...#
#...#
#...#
#####
```

```
def get_all_dot_positions(xsize, ysize):
    return [(x,y) for x in range(1, xsize-1) for y in range(1, ysize-1)]
```

- Утворений список надходить у функцію create_grid_string(), яка генерує коректний вивід:
  - positions = get_all_dot_positions(5, 5)
  - print(create_grid_string(positions, 5, 5))

range(0, xsize)	range(1, xsize)	range(0, xsize-1)	range(2, xsize+2)
.....	#####	....#	#####
.....	#....	....#	#####
.....	#....	....#	##.##
.....	#....	....#	#####
.....	#....	#####	#####

Використання неправильних індексів

- Для створення з'єднаних коридорів потрібно ідентифікувати сусідні положення в сітці.
  - У 2D-сітці їх 8:

```
def get_neighbors(x, y):
    return [
        (x, y-1), (x, y+1), (x-1, y), (x+1, y),
        (x-1, y-1), (x+1, y-1), (x-1, y+1), (x+1, y+1)
        ]
```

- Можемо згенерувати вивід сітки:
  - neighbors = get_neighbors(2, 2)
  - print(create_grid_string(neighbors, 5, 5))

```
#####
#...#
#.#.#
#...#
#####
```

- Можливі проблеми:
  1) збільшення або зменшення індексів на 1 у функції get_neighbors().
  2) в одному з кортежів x та y можуть помінятись місцями, замість (x, y+1) отримаємо (y, x+1).
     - Відразу помилка не проявиться, проте обчислення сусідів у комірці 3, 2 виведе геть інший рядок:

```
#####
##...
##.#.
##.#.
##.##
```

- Код погано спроектовано спочатку.
  - Для квадратних сіток порядок x та y не такий важливий, як для прямокутних.
  - Читати функцію get_neighbors() складно.

Приклад абсолютно некоректного повернення

```
def get_neighbors(x, y):
        return [
                (x, -1), (y, x+1), (x-(1), y), (x+1), y,
                (x,(-1, y)), (x+1, y, 1), (x-1, y+1, x+1, y+1)
        ]
```

- Код все ще буде виконуватись

```
#####
#####
##.##
#####
##.##
```

Дефекти в інструкціях управління ходом виконання програми

- Алгоритм генерації лабіринту може працювати так:
  1. Створити список усіх позицій у сітці.
  2. Обрати випадкову позицію зі списку.
  3. Якщо позиція має до 4 сусідніх крапок, позначити її крапкою.
  4. Інакше позначити позицію стіною.
  5. Повторити кроки 1-4, поки список позицій не стане порожнім.
- Для розміру 5x5 лабіринт конструюється збалансований, коридори зв’язані між собою.
  - Крім того, допускається круговий шлях, який доречний при втечі від привидів.

Реалізація алгоритму

```
def generate_dot_positions(xsize, ysize):
    positions = get_all_dot_positions(xsize, ysize)
    dots = set()
    while positions != []:
        x, y = random.choice(positions)
        neighbors = get_neighbors(x, y)
        free = [nb in dots for nb in neighbors]
        if free.count(True) < 5:
            dots.add((x, y))
        positions.remove((x, y))
    return dots
```

- Алгоритм не ідеальний.
  - При тестуванні інколи можна помітити недоступні зони лабіринту – ще один недолік проектування.
  - Для наших цілей процедури достатньо, проте для більшого розміру алгоритм має бути вдосконалено.

Дефекти в булевих виразах

- Оператори if та while містять булеві вирази.
  - Дефекти в умовах змінюють команди, які мають виконуватись далі.
  - Наприклад, випадково використано символ (>) замість (<):
  - if free.count(True) > 5:
  - Булевий вираз ніколи не стане True, позиції не будуть відмічатись крапками.
- Аналогічний за результатом дефект – пропуск виклику free.count().
  - У Python 2.7 такий вираз спрацює: if free.count < 5:
  - У Python 3.5 буде викинуто виняток.

Дефекти з відступами

- Поширена проблема в циклах while.
  - Усунення табуляції у виклику positions.remove() :

```
    ...
    if free.count(True) < 5:
        dots.add((x, y))
positions.remove((x, y))
return dots
```

- Наслідок: список позицій ніколи не стає порожнім, програма зациклюється.
  - Теоретичне питання – чи можна довести існування дефекту в програмі?
  - Практичне питання – скільки чекати, поки не станеться проблема?

Дефекти у використанні функцій

- Доповнимо програму короткою функціє create_maze(), яка використовує код, створений для генерації лабіринту:

```
def create_maze(xsize, ysize):
    """Returns a xsize*ysize maze as a string"""
    dots = generate_dot_positions(xsize, ysize)
    maze = create_grid_string(dots, xsize, ysize)
    return maze

maze = create_maze(12, 7)
print(maze)
```

- 1. Забування викликати функцію, пропустивши дужки:
  - maze = create_maze

Дефекти у використанні функцій

- 2. Пропуск оператору return.
  - Наслідок: функція не передає результат у головну програму, повертає None.
  - Часто виняток не генерується, результат інтерпретується як булевий, програма продовжує виконання.
- 3. Відсутність збереження значення, яке повертається.
  - Можна викликати функцію, проте забути зберегти у змінну результат її роботи: create_maze(12, 7)
  - Перша спроба визначити помилку – вивести
  - create_maze(12, 7)
  - print(maze)
  - Згенерується виняток NameError.

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!

Наступне питання: дослідницьке кодування та інструменти налагодження Python-коду