

Article

โปรแกรมภาษาไพธอนสำหรับการติดตามและวิเคราะห์ ข้อมูลผู้ติดเชื้อโควิด-19

A Python-based Program for COVID-19 Data Monitoring and Analyses

ศุภกร รักใหม่*

Supagorn Rugmai

สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์การมหาชน) ตำบลสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000
Synchrotron Light Research Institute (Public Organization), Suranaree Sub-district,
Muang District, Nakhon Ratchasima 30000, THAILAND

*Corresponding author E-mail: supagorn@slri.or.th

วันที่รับบทความ: 11 มีนาคม 2564, วันแก้ไขบทความ: 20 มีนาคม 2564, วันตอบรับบทความ: 21 มีนาคม 2564

Received: 11 March 2021, Revised: 20 March 2021, Accepted: 21 March 2021

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอโปรแกรมชื่อไพโควิด (PyCovid) ซึ่งเป็นโปรแกรมที่เขียนขึ้นด้วยภาษาไพธอนสำหรับการติดตามและวิเคราะห์ข้อมูลผู้ติดเชื้อโควิด-19 โปรแกรมมีความสามารถในการทำงานแบบเรียลไทม์ โดยการดึงข้อมูลผู้ติดเชื้อ และผู้เสียชีวิตรายวันจากฐานข้อมูลผู้ติดเชื้อโควิด-19 และสามารถทำงานแบบออฟไลน์โดยการใช้ฐานข้อมูลที่บันทึกไว้จากการใช้โปรแกรมครั้งล่าสุด โปรแกรมสามารถแสดงผลจำนวนผู้ติดเชื้อ จำนวนผู้เสียชีวิต และจำนวนผู้หายป่วยของประเทศต่าง ๆ ทั้งแบบรายวันและแบบสะสม รวมทั้งสามารถแสดงข้อมูลทั้งแบบสัมบูรณ์และแบบสัมพันธ์กับฐานข้อมูลประชากรของประเทศนั้น ๆ นอกจากนี้ โปรแกรมยังมีขีดความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติเบื้องต้น เพื่อศึกษาแนวโน้มของจำนวนผู้ติดเชื้อโดยการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

คำสำคัญ: ไพธอน, โควิด-19, การติดเชื้อ, อัตราการเสียชีวิต

Abstract

This article presents a Python-based program, named PyCovid, for monitoring and analyses of COVID-19 data. The code has capability for real-time online data retrieving from COVID-19 database sources and can work off-line using existing internal data. The code can display graphs of COVID-19 daily and accumulated infection, mortality, recovery and test data for chosen countries, including the data relative to population data of each country. It also

has capability to perform basic statistical analyses to probe the trend of the infection using a mathematical model.

Keywords: Python, COVID-19, Infection, Mortality rate

บทนำ

ปัจจุบัน สถานการณ์การแพร่ระบาดของโควิด-19 ยังคงมีความรุนแรงในบางพื้นที่ของโลก และในบางประเทศ เช่นประเทศไทย ที่ดูเหมือนว่าสถานการณ์การระบาดในช่วงปี พ.ศ. 2563 จะเริ่มคลี่คลายก็กลับมามีการระบาดรอบที่สองที่อาจจะรุนแรงกว่าเดิม อีกทั้งการแพร่ระบาดในประเทศต่าง ๆ นั้นอาจมีความเชื่อมโยงกันผ่านทางการเดินทาง หรือการเคลื่อนย้ายแรงงาน การรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการแพร่ระบาดของโรค เช่น จำนวนผู้ติดเชื้อ จำนวนผู้เสียชีวิต จำนวนผู้ป่วยที่หายจากโรค รวมถึงจำนวนการตรวจผู้ติดเชื้อของประเทศต่าง ๆ ทั่วทั้งโลก จึงมีความสำคัญยิ่งยวด และที่สำคัญไม่แพ้กัน คือความสามารถในการเข้าถึงข้อมูลดังกล่าวของผู้เกี่ยวข้อง หรือผู้ที่มีความสนใจในการติดตามวิเคราะห์สถานการณ์ โชคดีที่ในโลกปัจจุบัน ข้อมูลจำนวนมากได้ถูกรวบรวมและสามารถเข้าถึงได้แบบออนไลน์ ซึ่งรวมถึงข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการระบาดของเชื้อโควิด-19 ด้วย เพียงแต่ต้องอาศัยเครื่องมือที่มีขีดความสามารถในการเข้าถึง และจัดการข้อมูลขนาดใหญ่ รวมทั้งความสามารถในการวิเคราะห์และนำเสนอข้อมูล

ไพธอนเป็นภาษาโปรแกรมที่เป็น Open source ซึ่งหมายถึงทุกคนสามารถเข้าถึงแหล่งทรัพยากรของไพธอนได้และนำไปใช้ได้ฟรี ไพธอนจึงเป็นหนึ่งในภาษาเขียนโปรแกรมยอดนิยม โดยถูกจัดอันดับเป็นภาษาโปรแกรมที่ถูกใช้มากเป็นอันดับหนึ่งในปี ค.ศ. 2019 [1] และเนื่องจากไพธอนมีคลังดัชนีบรรจุกฎเกณฑ์ขนาดใหญ่ที่เรียกว่า Python package index (PyPI) ซึ่งบรรจุเครื่องมือจำนวนมากมหาศาลสำหรับการใช้งานในด้านต่าง ๆ จึงส่งผลให้ไพธอนเป็นภาษาโปรแกรมที่ทรงประสิทธิภาพในการจัดการข้อมูลขนาดใหญ่ ทั้งในด้านการนำเสนอข้อมูล และการวิเคราะห์เชิงวิทยาศาสตร์ อีกทั้งยังเป็นภาษาที่มีประสิทธิภาพในการเข้าถึงข้อมูลผ่านทางอินเทอร์เน็ต ภาษาไพธอนจึงเป็นเครื่องมือที่เหมาะสมในการเขียนโปรแกรมสำหรับการติดตามและการวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการระบาดของเชื้อโควิด-19

บทความนี้แนะนำเสนอโปรแกรมภาษาไพธอนชื่อว่า ไพโควิด (PyCovid) ที่มีขีดความสามารถในการดึงข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการแพร่ระบาดของเชื้อโควิด-19 แบบรายวัน และบรรจุอินเทอร์เฟซสำหรับการนำเสนอข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลการแพร่ระบาดของโลกและของประเทศต่าง ๆ ทั้งแบบสมบูรณ์และสัมพันธ์กับข้อมูลประชากร รวมทั้งการจัดเก็บข้อมูลที่ผู้ใช้สามารถนำไปใช้เพื่อการวิเคราะห์แบบออฟไลน์ได้

แหล่งข้อมูลการแพร่ระบาดของเชื้อโควิด-19 และข้อมูลประชากรของประเทศต่าง ๆ

ปัจจุบัน ข้อมูลการแพร่ระบาดของเชื้อโควิด-19 ที่มีความสมบูรณ์ที่สุด โดยเป็นข้อมูลรายวันของจำนวนผู้ติดเชื้อ จำนวนผู้เสียชีวิต และจำนวนผู้ป่วยที่หายจากโรค ได้ถูกเก็บรวบรวมโดย Center for System Science and Engineering, John Hopkins University และบุคคลทั่วไปอาจสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ผ่านทางเว็บไซต์ของ Humanitarian Data Exchange [2] ซึ่งเป็นบริการของ OCHA (United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs) โดยข้อมูลจำนวนผู้ติดเชื้อ จำนวนผู้เสียชีวิต และจำนวนผู้ป่วยที่หายจากโรคของประเทศต่าง ๆ ถูกจัดเก็บอยู่ในรูปแบบของไฟล์ฐานข้อมูล และมีการปรับปรุงข้อมูลรายวัน นอกจากนั้น ยังมีข้อมูลจำนวนการตรวจเชื้อโควิด-19 ของประเทศต่าง ๆ ถูกจัดเก็บและสามารถเข้าถึงได้ผ่านทางเว็บไซต์ Our World in Data [3]

โดยที่ข้อมูลในส่วนนี้ของบางประเทศอาจขาดหายไป หรือขาดความสมบูรณ์ แต่ก็ยังเป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการวิเคราะห์การแพร่ระบาดของโรค

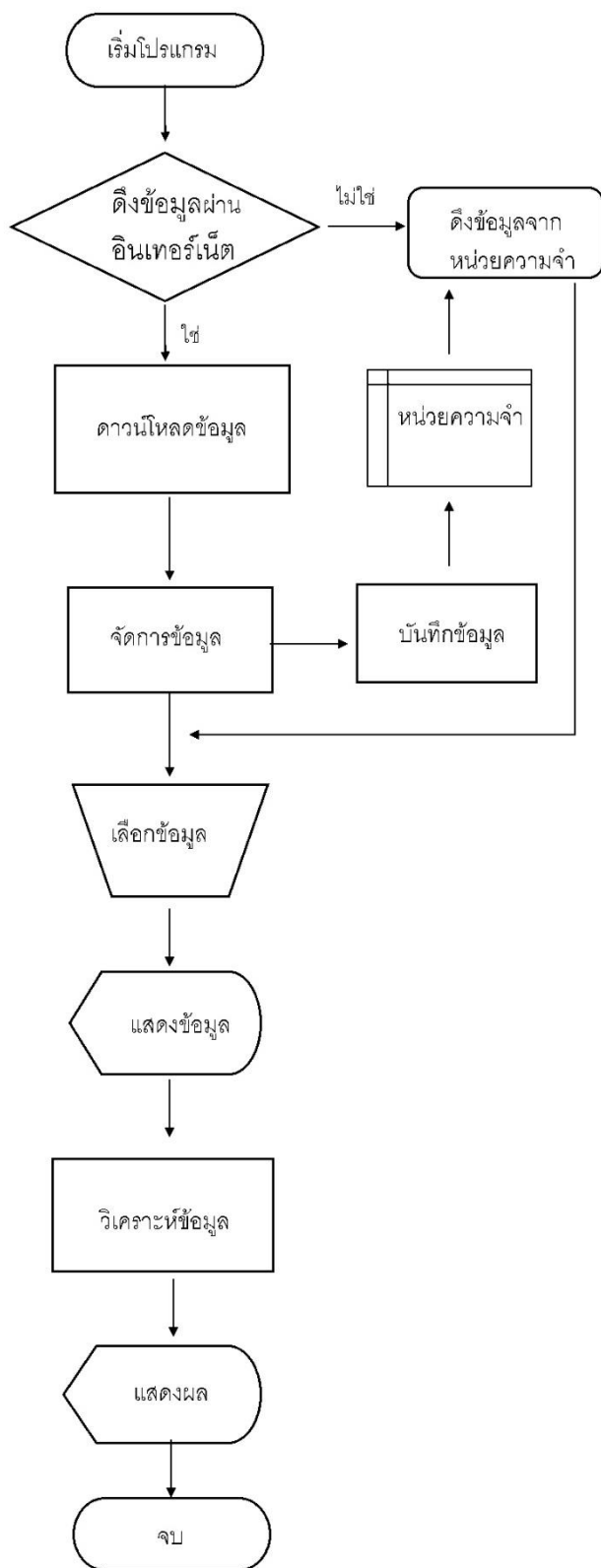
ข้อมูลประชากรของประเทศต่าง ๆ ในโลก เป็นข้อมูลสำคัญที่มีการปรับปรุงให้ทันสมัยอยู่เสมอ และอาจเข้าถึงได้ในหลายแหล่ง หนึ่งในแหล่งข้อมูลที่สามารถเข้าถึงได้คือเว็บไซต์ Worldometer [4] ซึ่งบรรจุข้อมูลประชากรโลกอยู่ในรูปแบบตาราง html โดยมีทั้งข้อมูลประชากรของประเทศต่าง ๆ รวมถึงการจำแนกข้อมูลประชากรในเขตเมือง การนำข้อมูลประชากรมาใช้ร่วมกับข้อมูลจำนวนผู้ติดเชื้อโควิด-19 อาจทำให้สามารถการวิเคราะห์สถานการณ์ในมุมมองที่กว้าง หรือลึกซึ้งขึ้น

รูปแบบการจัดการข้อมูล และการนำเสนอข้อมูลด้วยไพธอน

รูปที่ 1 แสดงโครงสร้างการทำงานของโปรแกรมไพธอน ซึ่งมีส่วนประกอบหลักคือ ส่วนการดึงข้อมูลผ่านอินเทอร์เน็ต ส่วนจัดการข้อมูล ส่วนบันทึกข้อมูล ส่วนการนำเสนอข้อมูล และส่วนการวิเคราะห์ข้อมูล เนื่องจากจุดมุ่งหมายหลักของงานชิ้นนี้ คือการสร้างโปรแกรมที่ทำให้ผู้ใช้สามารถเข้าถึงข้อมูล แสดงผลข้อมูล และทำการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นได้โดยสะดวก ดังนั้นส่วนสำคัญของโปรแกรมจึงเป็นส่วนของ User interface ที่จะทำให้ผู้ใช้งานสามารถควบคุมโปรแกรม ดึงข้อมูล จัดการและวิเคราะห์ข้อมูลข้อมูลได้ โดยในงานชิ้นนี้ใช้แพ็คเกจ Tkinter ซึ่งเป็น Graphical user interface (GUI) มาตรฐานของไพธอน [5] โดยใช้ GUI ในรูปแบบของสมุดโน้ต (Notebook) ประกอบด้วยหน้าสมุดสองหน้า คือหน้าสำหรับแสดงข้อมูล และหน้าสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล โดยผู้ใช้โปรแกรมสามารถดึงข้อมูล ดูการแสดงผลข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูลผ่านทางปุ่มสั่งงานของ Tkinter ในแต่ละหน้า และสามารถเลือกแสดงข้อมูลรวมของโลก หรือเปรียบเทียบระหว่างประเทศต่าง ๆ ได้ และเพื่อให้โปรแกรมสามารถใช้งานได้กับผู้ที่หลากหลาย โปรแกรมไพธอนจึงถูกเขียนให้มี GUI ทั้งเวอร์ชันที่เป็นภาษาไทย และภาษาอังกฤษ รูปที่ 2 แสดงหน้า GUI ของโปรแกรมไพธอน (เวอร์ชันภาษาไทย)

เนื่องจากข้อมูลการแพร่ระบาดของเชื้อโควิด-19 ในส่วนของข้อมูลการตรวจเชื้อ และข้อมูลประชากรโลกถูกจัดเก็บอยู่ในรูปแบบของฐานข้อมูลแบบต่าง ๆ เช่น Spreadsheet หรือตาราง html โดยแต่ละแหล่งข้อมูลมีรูปแบบการจัดเก็บ รวมทั้งรายละเอียดข้อมูลที่แตกต่างกัน เช่น จำนวนประเทศ วันที่ หรือแม้แต่การเรียกชื่อประเทศ ก่อนการนำเสนอ หรือวิเคราะห์ข้อมูล จึงจำเป็นต้องมีการจัดการข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถใช้ข้อมูลที่สัมพันธ์กันได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว ในงานชิ้นนี้ ใช้แพ็คเกจ Pandas ของไพธอน [6] ในการดึงข้อมูลและจัดการข้อมูลจากฐานข้อมูล โดยที่ Pandas นั้น เป็นแพ็คเกจที่บรรจุเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสูงในการจัดการข้อมูลในฐานข้อมูลขนาดใหญ่ รูปที่ 3 แสดงตัวอย่างส่วนของ Python script ที่ใช้ Pandas จัดการข้อมูลการตรวจเชื้อจากเว็บไซต์ Our World in Data ให้อยู่ในรูปแบบเดียวกับข้อมูลจำนวนผู้ติดเชื้อ จำนวนผู้เสียชีวิต และจำนวนผู้หายจากโรค จากเว็บไซต์ของ Humanitarian Data Exchange กล่าวคือ การจัดกลุ่มข้อมูลจากรูปแบบที่แถวข้อมูลเป็นวันที่ ให้อยู่ในรูปแบบที่แถวข้อมูลเป็นประเทศ และคอลัมน์เป็นวันที่

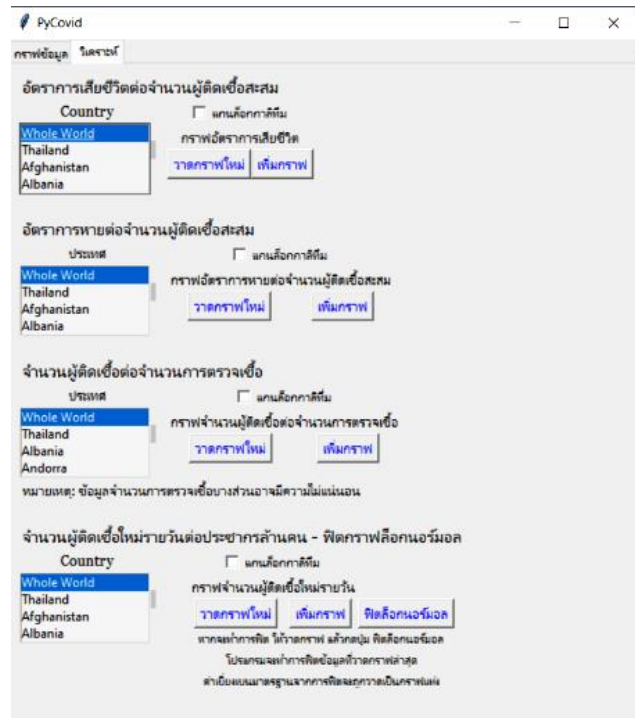
ในส่วนของการแสดงผลข้อมูล ส่วนหลักเป็นการแสดงผลแบบกราฟ โดยใช้แพ็คเกจ Matplotlib ของไพธอน [7] ซึ่งเป็นแพ็คเกจมาตรฐานสำหรับการแสดงกราฟลักษณะต่าง ๆ และใช้แพ็คเกจ Plotly [8] ในการแสดงผลข้อมูลการติดเชื้อในรูปแบบของแผนที่โลกผ่าน Web browser ตัวอย่างการแสดงผลด้วย Matplotlib และ Plotly แสดงในรูปที่ 4 และรูปที่ 5 ตามลำดับ



รูปที่ 1 แผนผังโครงสร้างการทำงานของโปรแกรมไฟโควิด



(ก)



(ข)

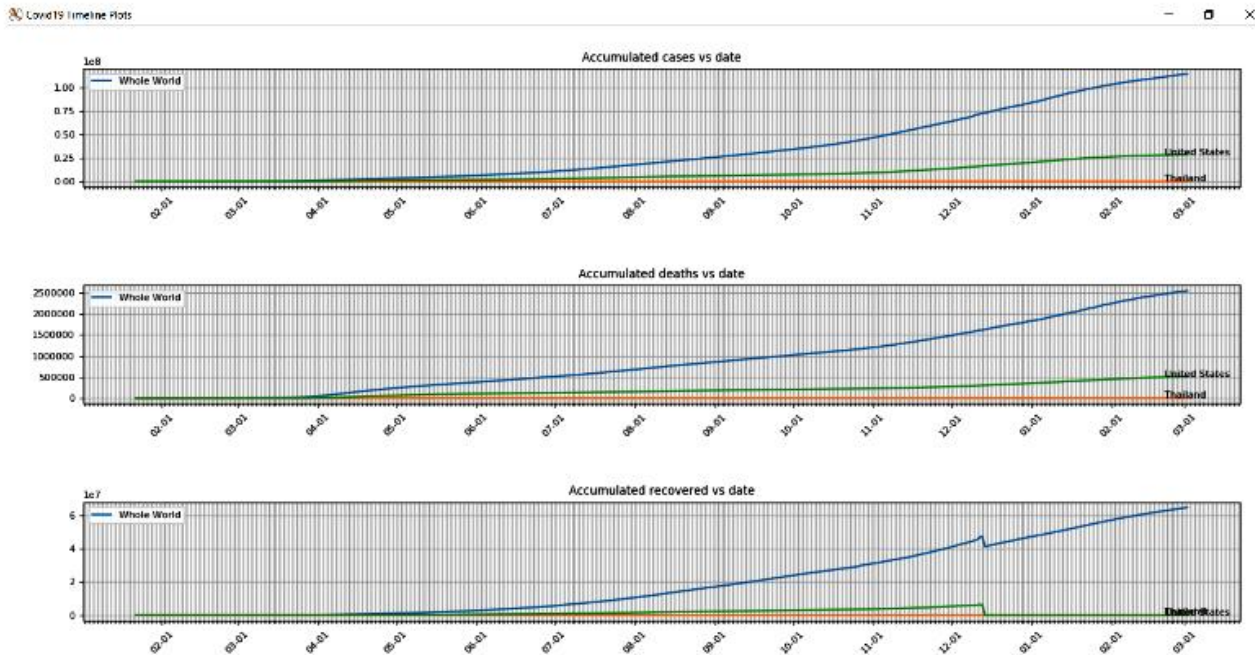
รูปที่ 2 Graphical User Interface ในรูปแบบสมุดโน้ตของโปรแกรมไฟโควิด ก) หน้าแสดงข้อมูล และ ข) หน้าวิเคราะห์ข้อมูล

```
# Manipulate Tests data
setting_test = Setting_test()
plottools_test = PlotTools_test()
command3plots_test = Command3Plots_test(setting_test, plottools_test)
def Tests_data_manipulate(offline):
    coviddata.get_OWID(offline)
    savedata.saveOWID()
    testdata = coviddata.tests_OWID
    # rearrange the DataFrame to be Countries x Dates
    testdata['Entity'] = testdata['Entity'].str.split(pat='-', expand=True)
    testdata_country = testdata.groupby('Entity').sum()
    # .groupby() to group identical elements, .sum() is just to collapse all rows in the group, summed values not used
    indices = testdata_country.index # get the new DataFrame index
    testdata_date = testdata.groupby('Date')
    columnnames = testdata_date.first().index
    testdata_country_date = pandas.DataFrame(columns=columnnames, index=indices)
    for i in testdata.index:
        c = testdata['Entity'].iloc[i]
        d = testdata['Date'].iloc[i]
        acc_test = testdata['Cumulative total'].iloc[i]
        testdata_country_date.at[c, d] = acc_test
        # insert value in a DataFrame cell

    testdata_country_date = testdata_country_date.append(testdata_country_date.sum().rename('Whole World'))
    testdata_country_date.index = testdata_country_date.index.str.strip()
    setting_test.testdata_country_date = testdata_country_date

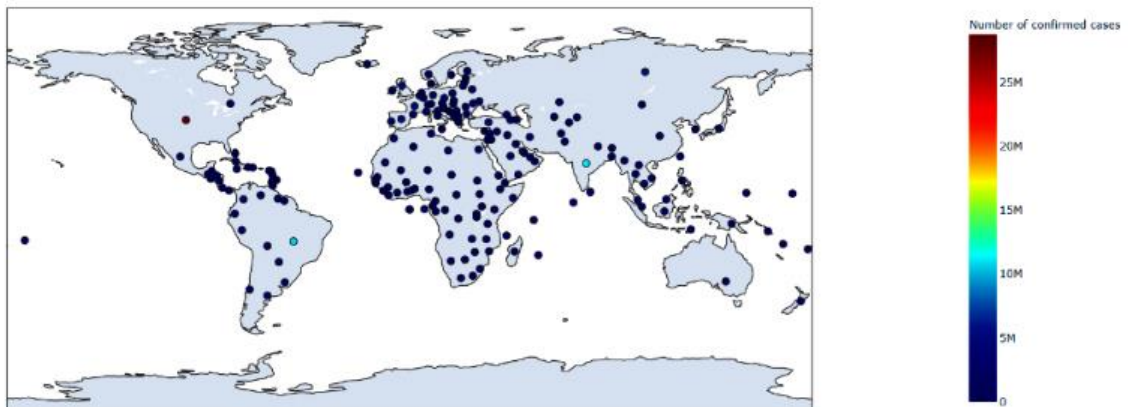
    setting_test.df_cases_tests = coviddata.cases_JH_country.loc[coviddata.cases_JH_country.index.intersection(setting_test.testdata_country_date.index)]
    # Use only coviddata_cases_JH_country which have country indices intersect with testdata_country_date
```

รูปที่ 3 ตัวอย่าง Python script ของโปรแกรมไฟโควิดในส่วนการจัดการข้อมูลการตรวจเชื้อ ให้อยู่ในรูปแบบเดียวกับข้อมูลจำนวนผู้ติดเชื้อ จำนวนผู้เสียชีวิต และจำนวนผู้หายจากโรค



รูปที่ 4 การแสดงผลจำนวนผู้ติดเชื้อสะสม จำนวนผู้เสียชีวิตสะสม และจำนวนผู้หายจากโรคของโลก ประเทศไทย และ สหรัฐอเมริกา

COVID19 accumulated cases (point at country for number)



รูปที่ 5 การแสดงจำนวนผู้ติดเชื้อสะสมของประเทศต่าง ๆ ในโลก

การแสดงผลข้อมูลการแพร่ระบาดของเชื้อโควิด-19 ประกอบด้วยข้อมูลจำนวนผู้ติดเชื้อ ข้อมูลจำนวนผู้เสียชีวิต ข้อมูลจำนวนผู้ป่วยที่หายจากโรค และข้อมูลจำนวนการตรวจหาเชื้อ โดยผู้ใช้สามารถเลือกแสดงผลข้อมูลเป็นฟังก์ชันของเวลา เปรียบเทียบระหว่างประเทศต่าง ๆ ในแกนเชิงเส้น หรือแกนลอการิทึม รวมทั้งสามารถเลือกแสดงผลข้อมูลการแพร่ระบาดต่อสัดส่วนจำนวนประชากร ทั้งประชากรรวมของแต่ละประเทศ หรือประชากรในและนอกเขตเมืองของประเทศนั้น ๆ ได้

การวิเคราะห์ข้อมูลการแพร่ระบาด

โปรแกรมไพโควิดบรรจุส่วนการวิเคราะห์และแสดงผลเบื้องต้น ประกอบด้วยการวิเคราะห์อัตราการเสียชีวิต (Mortality rate) อัตราการหายจากโรค (Recovery rate) และอัตราการติดเชื้อต่อจำนวนการตรวจเชื้อ (Cases per tests) นอกจากนั้นโปรแกรมยังบรรจุส่วนการวิเคราะห์ข้อมูลการติดเชื้อต่อจำนวนประชากร และเนื่องจากข้อมูลการแพร่ระบาดของโรคในหลายเหตุการณ์พบว่าเป็นการกระจายตัวแบบ Log-normal distribution [9] ในส่วนการวิเคราะห์ข้อมูลส่วนนี้ จึงบรรจุการทำแบบจำลองของข้อมูลโดยใช้ Log-normal distribution ซึ่งอาจเป็นประโยชน์ในการวิเคราะห์แนวโน้มของการแพร่ระบาดของเชื้อ COVID-19 ของประเทศต่าง ๆ

การกระจายตัวของข้อมูลแบบ Log-normal distribution [10] ที่เป็นฟังก์ชันของเวลา t ในหน่วยวัน คือ

$$f(t) = \frac{1}{t\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{\left[\ln\left(\frac{t}{m}\right)\right]^2}{2\sigma^2}\right\} \quad (1)$$

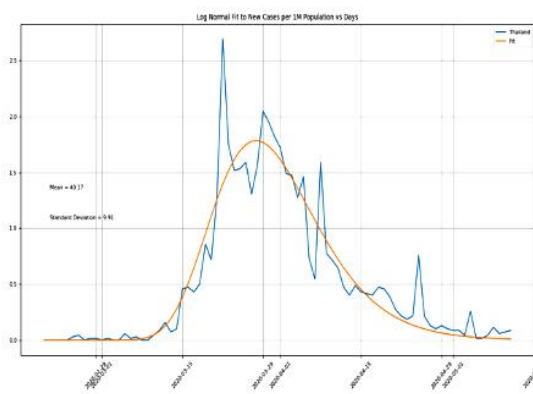
โดยที่ m เป็นค่ามัธยฐาน (Median) และ σ เป็นพารามิเตอร์รูปร่าง (Shape parameter) ของ Log-normal distribution ซึ่งสัมพันธ์กับค่าเฉลี่ย Mean และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน SD คือ

$$\text{Mean} = m \exp\left(\frac{\sigma^2}{2}\right) \quad (2)$$

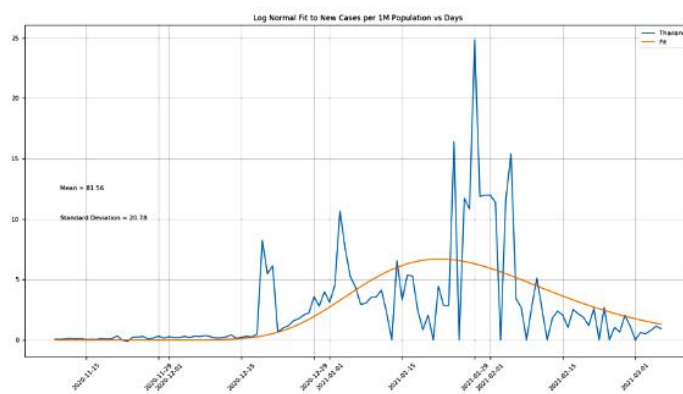
$$\text{SD} = m \sqrt{\omega(\omega - 1)} \quad (3)$$

โดยที่ $\omega = \exp(\sigma^2)$

โปรแกรมไพโควิด บรรจุส่วนของวิเคราะห์ด้วยการทำแบบจำลอง Log-normal distribution ของข้อมูลจำนวนผู้ติดเชื้อรายวันต่อจำนวนประชากรหนึ่งล้านคนของประเทศต่าง ๆ โดยผู้ใช้งานสามารถเลือกช่วงของข้อมูลที่ต้องการวิเคราะห์ได้จากกราฟที่แสดงผลข้อมูล แบบจำลองที่ได้ให้ข้อมูลค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในหน่วยวัน ซึ่งอาจมีประโยชน์ในการพิจารณาแนวโน้มของการแพร่ระบาดได้ รูปที่ 6 แสดงตัวอย่างผลการวิเคราะห์ข้อมูลการระบาดของประเทศไทยในสองระลอก คือระลอกที่หนึ่งช่วงเดือนกุมภาพันธ์ ถึง เดือนเมษายน พ.ศ. 2563 และระลอกที่สองช่วงเดือนพฤศจิกายน 2563 ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2564 โดยแบบจำลองที่ได้ให้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานระลอกแรกอยู่ที่ 9.91 วัน และระลอกที่สอง 20.78 วัน ซึ่งผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าการระบาดระลอกแรกนั้นมีความต่อเนื่องและสั้นกว่า แตกต่างจากระลอกที่สองที่มีการผันแปรของข้อมูลมากกว่า และระยะเวลายาวนานกว่า อย่างไรก็ตาม ผลที่ได้จากการทำแบบจำลองทางสถิตินี้เป็นเพียงการพิจารณาแนวโน้มเบื้องต้น ผู้ใช้งานสามารถนำข้อมูลการระบาดและข้อมูลอื่น ๆ ที่โปรแกรมไพโควิดบันทึกไว้ไปทำการวิเคราะห์โดยละเอียดได้ต่อไป



(ก)



(ข)

รูปที่ 6 แสดงแบบจำลอง Log-normal distribution ของข้อมูลจำนวนผู้ติดเชื้อรายวันต่อจำนวนประชากรหนึ่งล้านคน ของประเทศไทย ก) ในระลอกแรกช่วงเดือนกุมภาพันธ์ ถึง เดือนเมษายน พ.ศ. 2563 ข) และระลอกที่สองช่วงเดือน ตุลาคม พ.ศ. 2563 ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2564

สรุป

โปรแกรมไพโควิด (PyCovid) ถูกเขียนขึ้นด้วยภาษาไพธอน โดยใช้ GUI ในรูปแบบของสมุดโน้ต เพื่อการดึงข้อมูล และแสดงข้อมูลการแพร่ระบาดของเชื้อ COVID-19 ของประเทศต่าง ๆ ในโลก รวมถึงการวิเคราะห์ข้อมูลการแพร่ระบาดที่สัมพันธ์กับจำนวนประชากร และการทำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อศึกษาแนวโน้มการแพร่ระบาดเบื้องต้น โปรแกรมถูกเขียนขึ้นเพื่อให้ผู้สนใจสามารถเข้าถึงข้อมูลได้โดยสะดวก โดยสามารถดึงข้อมูลแบบเรียลไทม์ผ่านทางอินเทอร์เน็ต แสดงผลข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น และยังสามารถนำข้อมูลที่ถูกบันทึกไว้ไปใช้สำหรับการวิเคราะห์เชิงลึกต่อไปได้

โปรแกรมไพโควิดเวอร์ชันภาษาไทย และภาษาอังกฤษได้รับการแปลงให้อยู่ในรูปแบบ Executable เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถใช้งานได้บนระบบปฏิบัติการ Windows 64 bit ได้โดยไม่ต้องมีไพธอน โดยผู้สนใจใช้โปรแกรมสามารถดาวน์โหลดได้ฟรีในเว็บไซต์ของสถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์การมหาชน) (www.srri.or.th) ในส่วนผู้สนใจการพัฒนาโปรแกรม สามารถติดต่อผู้เขียนสำหรับ Python script ของโปรแกรมไพโควิดได้

เอกสารอ้างอิง

- [1] "IEEE spectrum, September 2019", from <https://spectrum.ieee.org/magazine/2019/September>.
- [2] "The humanitarian data exchange", from <https://data.humdata.org>.
- [3] "Our world in data", from <https://ourworldindata.org>.
- [4] "Worldometer", from <https://www.worldometers.info>.
- [5] J. E. Grayson, "Python and Tkinter programing", Manning Publications, January 2000.
- [6] W. McKinny and the Pandas Development Team, "Pandas: Powerful Python data analysis toolkit Release 1.2.3", March 2021.
- [7] J. Hunter, D. Dale, E. Firing, M. Droettboom and the matplotlib development team, "Matplotlib Release 3.3.4", January 2021.
- [8] "Plotly", from <https://plotly.com>.

- [9] E. Limpert, W. A. Stahel and M. Abbt, “Log-normal distributions across the sciences: Keys and clues”, *BioScience*, 51, 341-352 (2001).
- [10] C. Forbes, M. Evans, N. Hastings and B. Peacock, “Statistical distributions”, 4th edition, John Wiley and Sons Inc., New York (2011).