

# โครงการต้นแบบระบบพยากรณ์การผลิต ไฟฟ้า

จากพลังงานหมุนเวียน (RE Forecast)

การไฟฟ้านครหลวง



# แนวความคิดของ ML Data Platform

- สามารถรองรับข้อมูลจากหลายแหล่ง ทั้งจากภายในและภายนอกของกฟน และทำการเชื่อมโยงข้อมูลแบบ Realtime ตามความจำเป็น
- เป็นแบบ Adapter-Based เพื่อให้การเข้าถึงข้อมูลเป็นมาตรฐาน ไม่แตกต่างกัน แม้จะมาจากหลากหลายรูปแบบ
- ทำการเชื่อมโยงข้อมูลภายนอกที่สอดคล้องกับลักษณะการทำงาน และนโยบายความปลอดภัยของกฟน.
- ใช้เครื่องมือที่อ้างอิงสถาปัตยกรรมของ MEA Data Platform (MinIO/Parquet, REST API, Airflow) เพื่อให้ไม่จำเป็นต้องมี **infrastructure** เพิ่มเติม แต่เป็นการใช้ Platform ที่มีอยู่แล้วให้เกิดประโยชน์สูงสุด

# สถาปัตยกรรมของระบบ



## Data Adapters

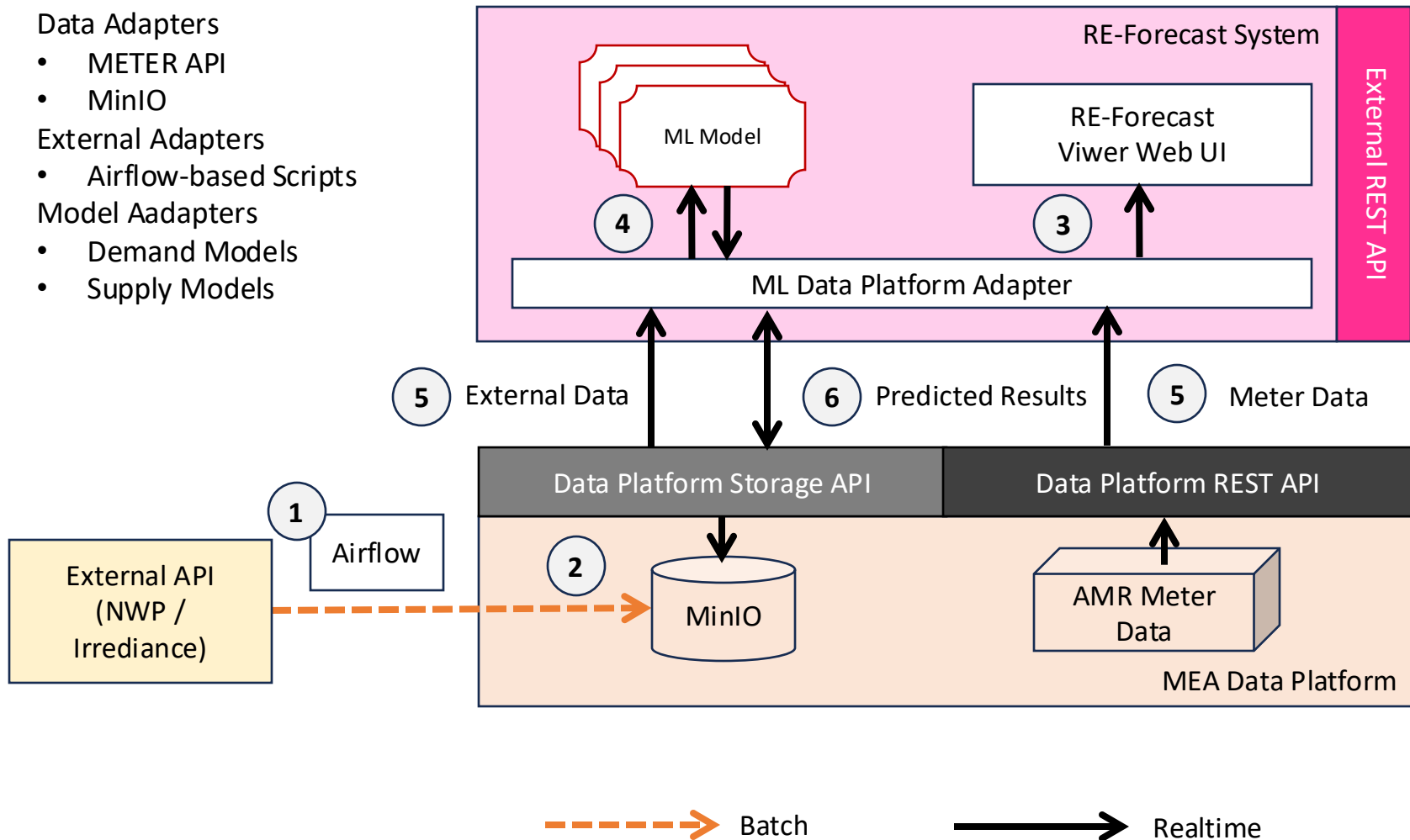
- METER API
- MinIO

## External Adapters

- Airflow-based Scripts

## Model Aapters

- Demand Models
- Supply Models





# คุณสมบัติของระบบ

- มีลักษณะเป็น Web Application ที่รองรับการทำงานบน Web Browser
- นำเสนอข้อมูลของค่าของการพยากรณ์**การผลิตไฟฟ้า** และสถิติที่เกี่ยวข้อง
  - แสดงข้อมูลค่าผลผลิตไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจริง
  - แสดงข้อมูลจากการพยากรณ์การผลิตไฟฟ้า
  - แสดงข้อมูลประสิทธิภาพที่เปรียบเทียบค่าพยากรณ์กับผลผลิตจริง
  - แสดงข้อมูลค่าความต้องการการใช้ไฟฟ้า
  - แสดงข้อมูลจากการพยากรณ์การใช้ไฟฟ้า
  - แสดงข้อมูลประสิทธิภาพที่เปรียบเทียบค่าพยากรณ์กับค่าที่ใช้จริง



# คุณสมบัติของระบบ

- มีการทำงานในการให้ข้อมูลแยกตามสถานที่การพยากรณ์ ซึ่งอาจจะเป็นสถานที่ที่มีการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้า (Supply) หรือเป็นสถานที่ที่มีความต้องการการใช้ไฟฟ้า (Demand)
- มีการให้ข้อมูลสภาพอากาศ ข้อมูลผลผลิตจริง (Actual – ถ้ามี) และข้อมูลพยากรณ์ รวมไปถึงข้อมูลประสิทธิภาพที่เปรียบเทียบค่าพยากรณ์กับผลผลิตจริง
- มีการแสดงผลเป็นกราฟเชิงเส้นอิงเวลา (Timeseries Line Chart) โดยสามารถแสดงเป็นช่วงเวลาที่ต้องการได้
- ผู้ใช้งานแต่ละคนจะมี account ของตัวเอง เพื่อเข้ามาใช้งานระบบ โดยจะต้องทำการยืนยันตัวตน
- มีช่องทางการส่งข้อมูลออกไปยังระบบงานอื่นๆ

โครงการต้นแบบระบบพยากรณ์การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน (RE Forecast)



# หน้าที่ของผู้ใช้งานแต่ละประเภท

---

- ผู้ใช้งานทั่วไป
  - เรียกดูข้อมูลผ่าน Web UI
  - กด predict (optional)
- ผู้ดูแลระบบ
  - เพิ่ม/ลด/กำหนดสิทธิ ผู้ใช้งาน
  - เพิ่ม/ลด site
  - Monitor ระบบ (Web UI, System Log)



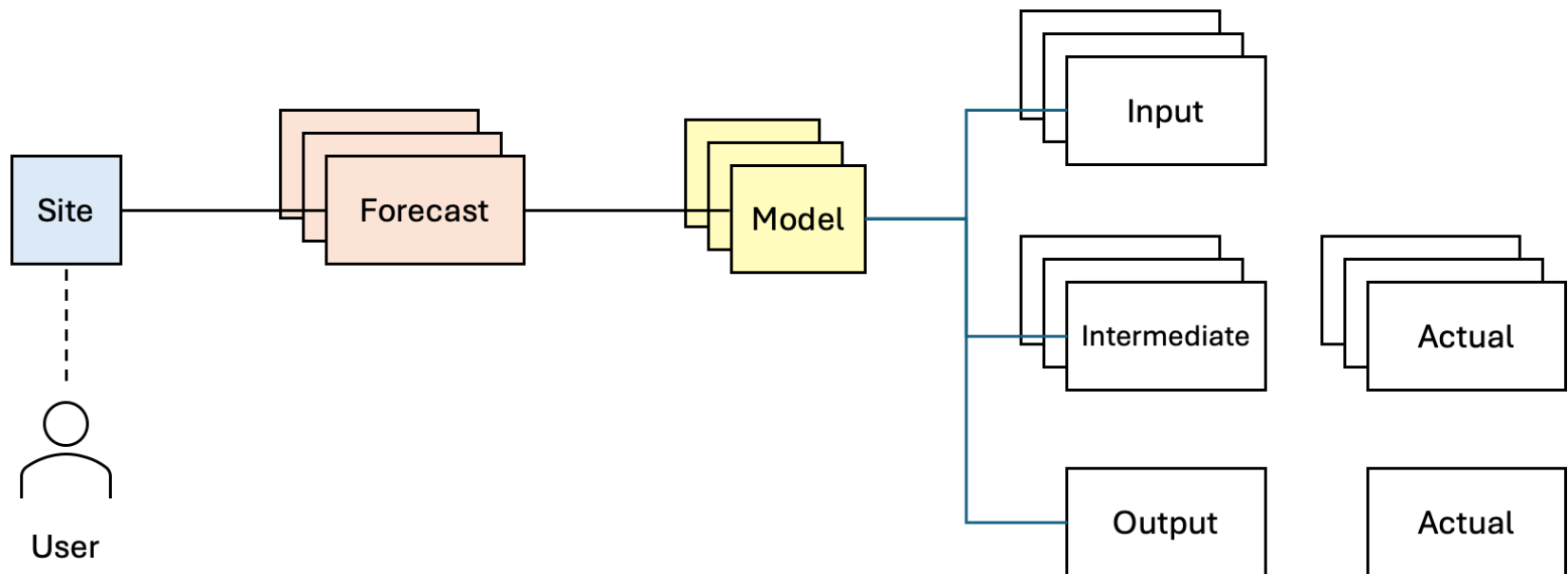
# หน้าที่ของผู้ใช้งานแต่ละประเภท

---

- Data Scientist
  - พัฒนา model แล้ว package เป็น container
  - เรียกใช้ API เข้าถึงข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์
- Data Engineer
  - Configure YAML file เพื่อสร้าง site ใหม่
  - Deploy container ที่ได้รับจาก Data Scientist
  - เพิ่ม/ลด/จัดการ การเชื่อมต่อข้อมูลภายนอกผ่านทาง Airflow



# โครงสร้างข้อมูลของ Site



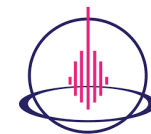




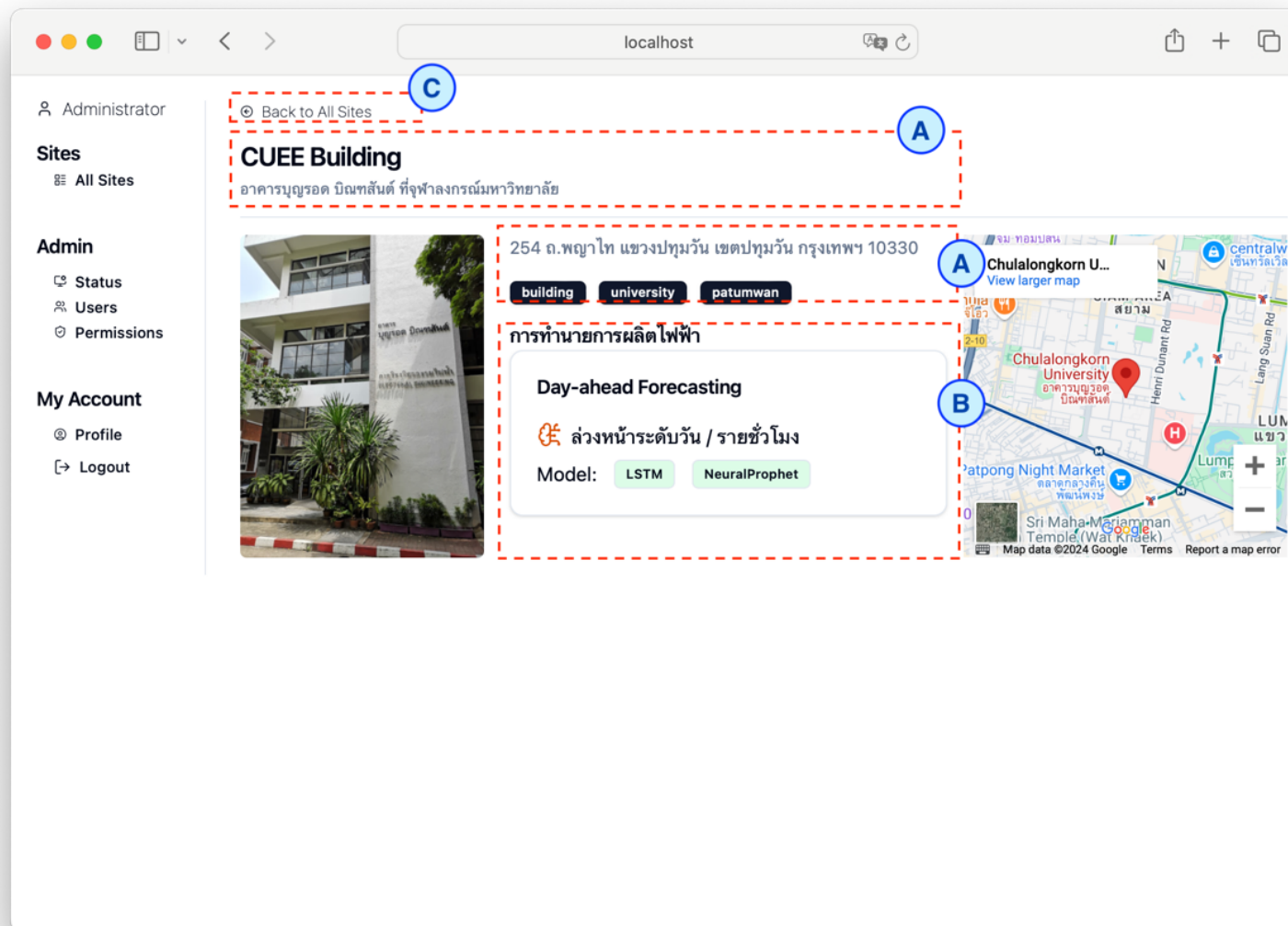
# Site – Forecast – Model – Data Adapter

---

- เป็นตัวแทนของบ้าน / อาคาร / แหล่งผลิตพลังงาน ซึ่งจะเป็นสถานที่ที่มีการใช้พลังงาน (Demand) และ/หรือ การผลิตพลังงาน (Supply)
- มี Metadata เช่น ที่อยู่ แผนที่ Tags
- ในแต่ละ Site สามารถมีได้หลายการทำนาย (Forecast)
- แต่ละ Forecast จะเป็นการจัดกลุ่มโมเดลการพยากรณ์ของ
  - เป็นการพยากรณ์ในส่วน Demand หรือ Supply
  - เป็นการพยากรณ์ในแบบ Intra\_day หรือ Dayahead
  - มีการกำหนดตัวแปร “actual” เพื่อใช้เป็นค่าจริงในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการพยากรณ์
  - โมเดลที่อยู่ใน Forecast เดียวกัน สามารถนำมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพกันได้
- แต่ละ Site สามารถมีแหล่งข้อมูล (Data Adapter) ได้หลากหลาย



# ตัวอย่างหน้าจอ Site - Forecast





# ตัวอย่างหน้าจอ Forecast - Model

Administrator

Sites

- All Sites

Admin

- Status
- Users
- Permissions

My Account

- Profile
- Logout

Back to CUEE Building

## CUEE Building : Day-ahead Forecasting

การทำนายการผลิตไฟฟ้า / ช่วงหน้าระดับวัน / รายชั่วโมง

Models Predictions Performance

### Models

These are models being used in this forecast.

#### LSTM

การทำนายการผลิตไฟฟ้า / ช่วงหน้าระดับวัน / รายชั่วโมง

Input: ☐ I ☐ Inwp ☐ Tnwp ☐ Iclr

Intermediate:

Output:

#### NeuralProphet

การทำนายการผลิตไฟฟ้า / ช่วงหน้าระดับวัน / รายชั่วโมง

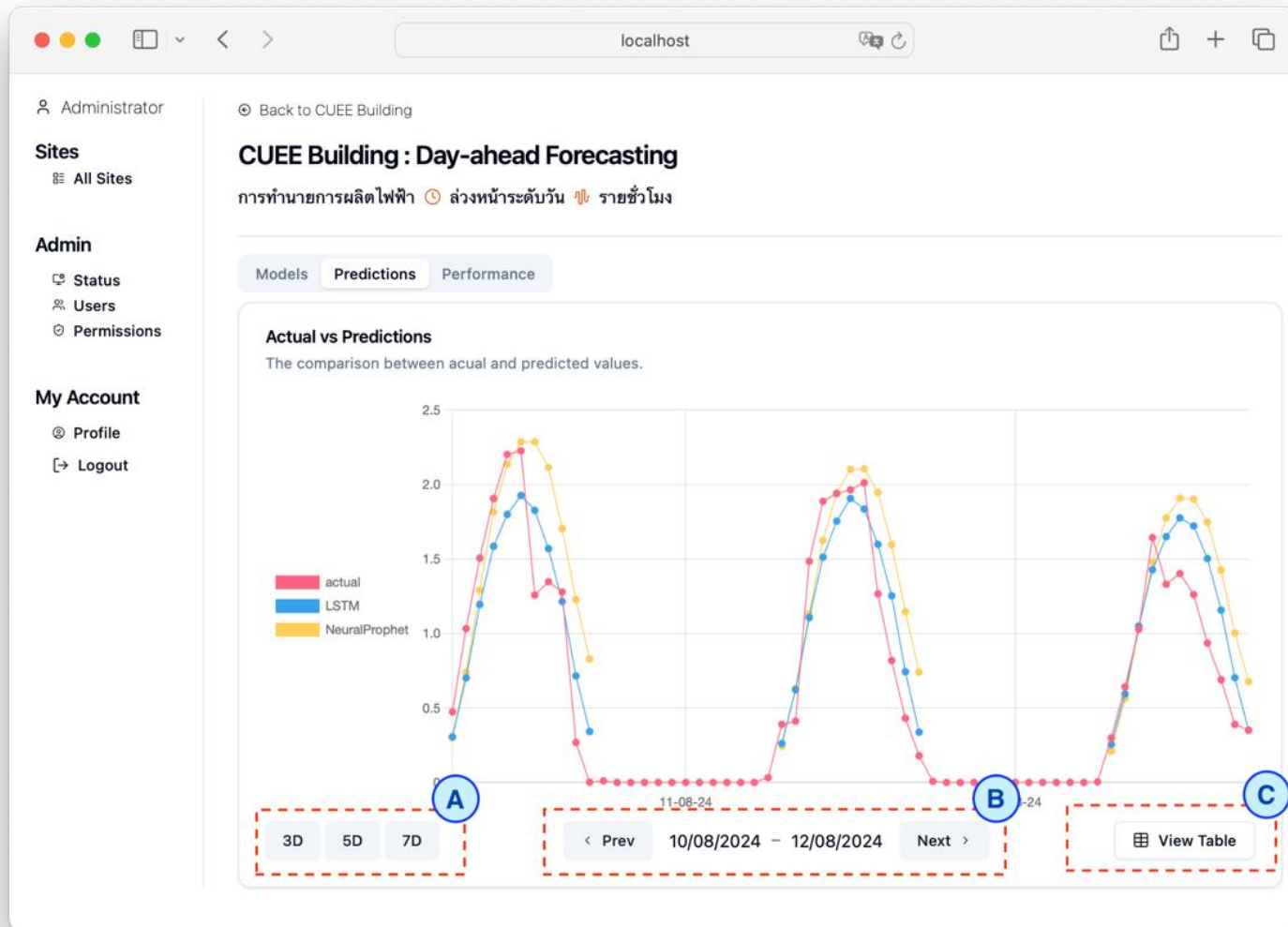
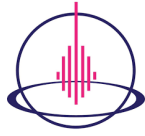
Input: ☐ I ☐ Inwp ☐ Tnwp ☐ Iclr

Intermediate:

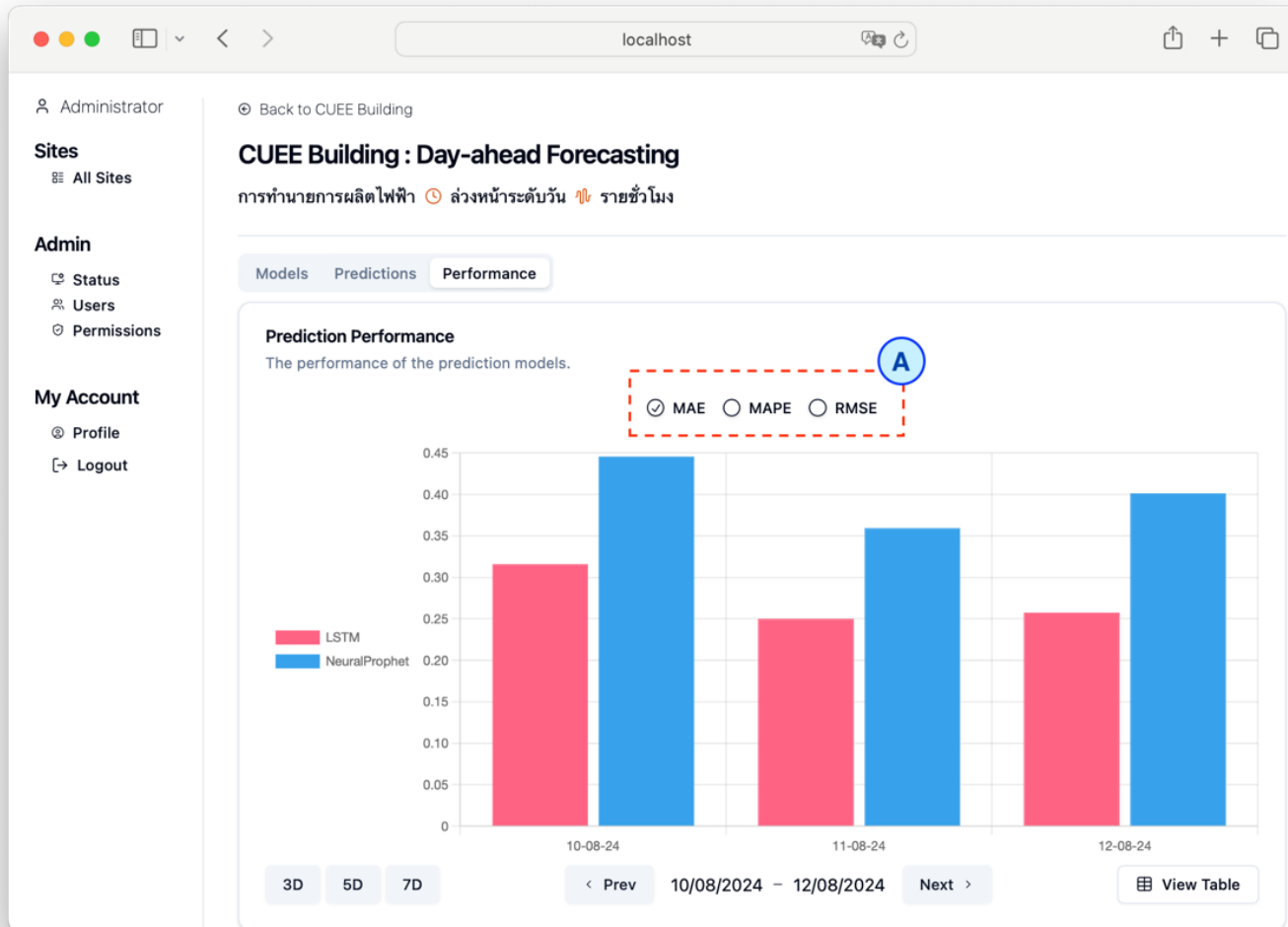
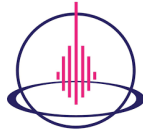
Output:

Open "localhost:5173/site/886d3645562f4db08cd52a560bc08992/forecast/dc98d363c93c4744b6943c373cca3a6b/model/2a860c3c007c4f12a4148c2988963dbb" in a new tab

# ตัวอย่างหน้าจอเปรียบเทียบ Model ใน Forecast



# ตัวอย่างหน้าจอเปรียบเทียบ Model ใน Forecast





# Site

Site -- Metadata

Forecast-1

actual = ...

Model-1

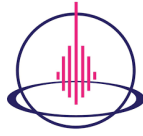
Model-...

Forecast-2

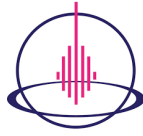
Forecast-...

Data-Adapter-1...

Data-Adapter-...



ชื่อฟิลด์ข้อมูล	ชนิด	คำอธิบาย	หมายเหตุ
id	string	รหัสของสถานที่พยากรณ์	Optional, ระบบจะทำการสร้างใหม่ให้ เพื่อให้เกิดค่าที่ Unique
title	string	ชื่อของสถานที่พยากรณ์	
description	String	รายละเอียดของสถานที่โดยย่อ	Optional
address	String	ที่อยู่	Optional
coordinates	[float, float]	พิกัด [lat, long]	Optional
map_url	string	URL สำหรับแสดงแผนที่	Optional
image	string	ไฟล์ image เพื่อแสดงเป็น Cover Page	Optional
tags	List<string>	List ของ tag ของสถานที่พยากรณ์นี้	Optional
forecasts	List<Forecast>	List ของกระบวนการพยากรณ์	อ้างอิงโครงสร้าง Forecast
adapters	List<DataAdapterConfig>	List ของการเชื่อมต่อที่จะถูกใช้ในกระบวนการพยากรณ์	อ้างอิงโครงสร้าง DataAdapterConfig



ชื่อฟิลด์ข้อมูล	ชนิด	คำอธิบาย	หมายเหตุ
id	string	รหัสของสถานที่พยากรณ์	Optional, ระบบจะทำการสร้างใหม่ให้ เพื่อให้เกิดค่าที่ Unique
title	string	ชื่อของสถานที่พยากรณ์	
description	string	รายละเอียดของสถานที่โดยย่อ	Optional
type	string	ชนิดของการพยากรณ์	ค่าที่เป็นไปได้: demand (พยากรณ์ความต้องการใช้ไฟฟ้า และ supply (พยากรณ์การผลิตไฟฟ้า)
scheme	string	ประเภทของการพยากรณ์	ค่าที่เป็นไปได้: day_ahead (การพยากรณ์ล่วงหน้ารายวัน) และ intra_day (การพยากรณ์ล่วงหน้ารายชั่วโมง)
interval	string	ระยะห่างของข้อมูล	1min, 15min, รายชั่วโมง
actual	ForecastParameter	ค่าอ้างอิงผลการทำนาย	
models	List<ForecastingModel>	แบบจำลองการทำนาย	





# Site - บ้านมื่นบุรี

Site -- Metadata

Forecast: intra\_day\_demand

Model: h3\_intra\_day\_demand\_lookback

Data-Adapter: h3\_intra\_day\_netload

Data-Adapter: h3\_intra\_day\_lookback\_adapter

## Metadata

```
1 id: house_sample3
2 title: บ้านตัวอย่าง มินบุรี
3 description: บ้านตัวอย่าง จากพื้นที่เขตมินบุรี
4 address: รามอินทรา เขตมินบุรี กรุงเทพฯ
5 image: house_sample3.jpg
6 coordinates: [13.737180529362405, 100.53228334603335]
7 map_url: https://www.google.com/maps/embed?pb=!1m14!1m
8 tags: ['housing']
9 forecasts:
```

## Forecast

```
10   - id: 'intra_day_demand'
11     title: 'Intra-Day Demand Forecasting'
12     type: 'demand'
13     scheme: intra_day
14     interval: 15min
15     actual: { varname: 'actual_netload', adapter: 'h3_
16     models:
```

```
17       - id: 'h3_intra_day_demand_lookback'
18         title: 'Lookback'
19         adapter:
20           type: 'ml_basic'
21           url: http://demand1:8000/demand/infer
22           config:
```

## Model

Model

```
16     models:
17       - id: 'h3_intra_day_demand_lookback'
18         title: 'Lookback'
19         adapter:
20           type: 'ml_basic'
21           url: 'http://demand1:8000/demand/infer'
22           config:
23             target_site: 'cu_bems'
24             target_col: 'netload(kW)'
25             input_cols: 'netload(kW)'
26             model: 'lookback'
27           mappings:
28             - ['target_time', 'Datetime']
29             - ['forecasted', 'lookback']
30         input_range: [-96, 0]    # 24 hours (96 x 15
31         horizon: 96
32         input:
33           - { varname: 'netload(kW)', adapter: 'h3_
34             output: { varname: 'lookback', adapter: 'h3_
35     adapters:
36       - id: 'h3 intra day netload'
```

ML Adapter

Data Adapter

Data Adapter

Data Adapter

```
35 adapters:
36   - id: 'h3_intra_day_netload'
37     type: 'METERAPI'
38     config:
39       url: 'https://data-api.mea.or.th/amr/lp'
40       username: 'cu_dev'
41       password: '70NdF4!YPP~_dzk>./gG'
42       meter_no: '67045232'
43       timestamp: 'Datetime'
44     mappings:
45       - ['demand_import_kw', 'actual_netload']
46     cache_enabled: true
47     cache_prefetch_days: 14
48   - id: 'h3_intra_day_lookback_adapter'
49     type: 'csv'
50     config:
51       path: 'sample_data/house_sample3/house_sample3_p
52       timestamp: 'Datetime'
53     mappings:
54       - ['lookback', 'lookback']
```

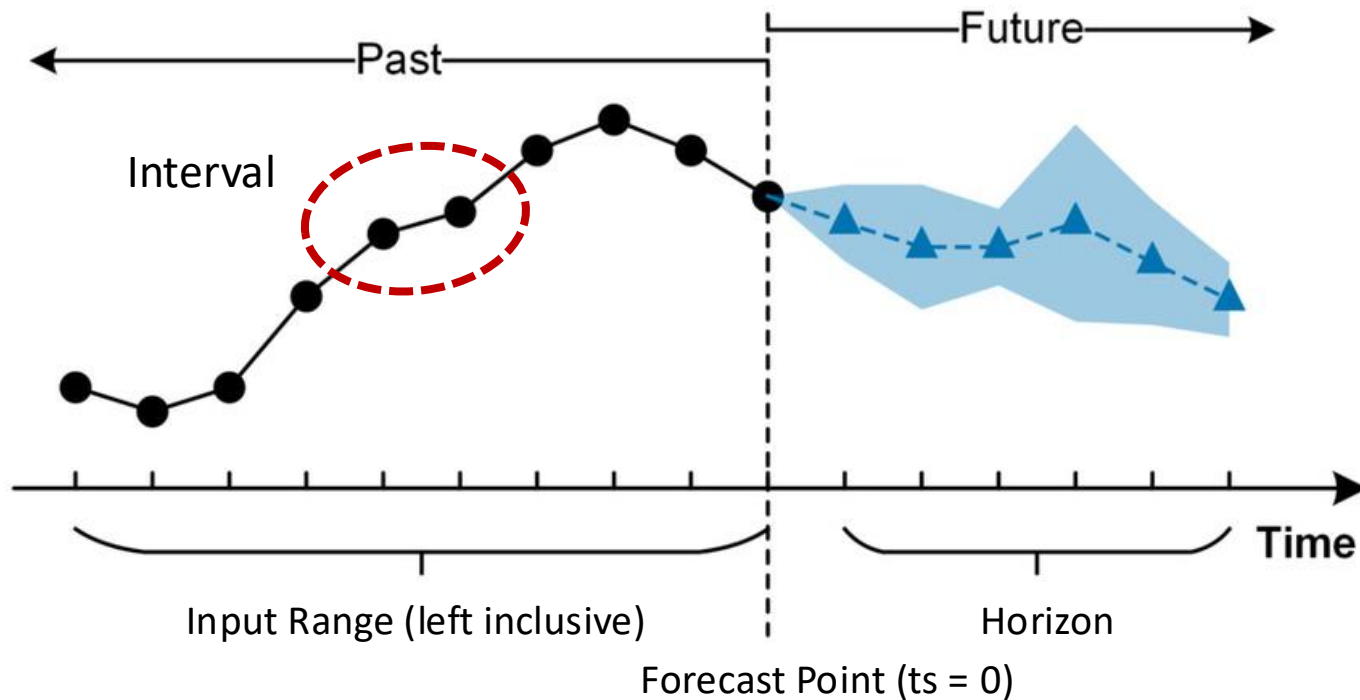


# Model - Adapter

- โมเดลคือการพยากรณ์ค่าต่าง ๆ เช่น ค่าความต้องการใช้พลังงาน (ของ Forecast แบบ demand) หรือค่าการผลิตพลังงาน (ของ Forecast แบบ Supply)
- ใน Model จะประกอบด้วย
  - Adapter – ระบุ configuration และการ mapping ค่าผลลัพธ์ของการเชื่อมต่อกับตัว Model ที่ทำการทำนาย
  - Input\_range – จำนวน datapoint ของ Input ที่จะต้องทำการจัดเตรียมส่งให้ Adapter โดยจะประกอบไปด้วยเวลาเริ่มต้น และเวลาสุดท้าย
  - Horizon – จำนวน datapoint ของผลลัพธ์ที่จะส่งออกมาจาก model
  - Input - ตัวแปรที่จะส่งเข้า model โดยสามารถระบุ data adapter ตัวแปรที่ใช้วิธีการ map
  - Intermediate – ค่าที่ model จะผลิตออกมา เพราะเป็นส่วนของการพยากรณ์
  - Output - ค่าผลลัพธ์ของการพยากรณ์ที่ต้องการ



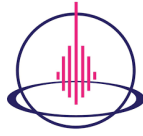
# Input Range and Horizon



Interval = 15min

Input Range =  $[-96, 0] \rightarrow 96 \times 15\text{min} = 1 \text{ day prior forecast point}$

Horizon = 96  $\rightarrow 96 \times 15\text{min} = 1 \text{ day from forecast point}$



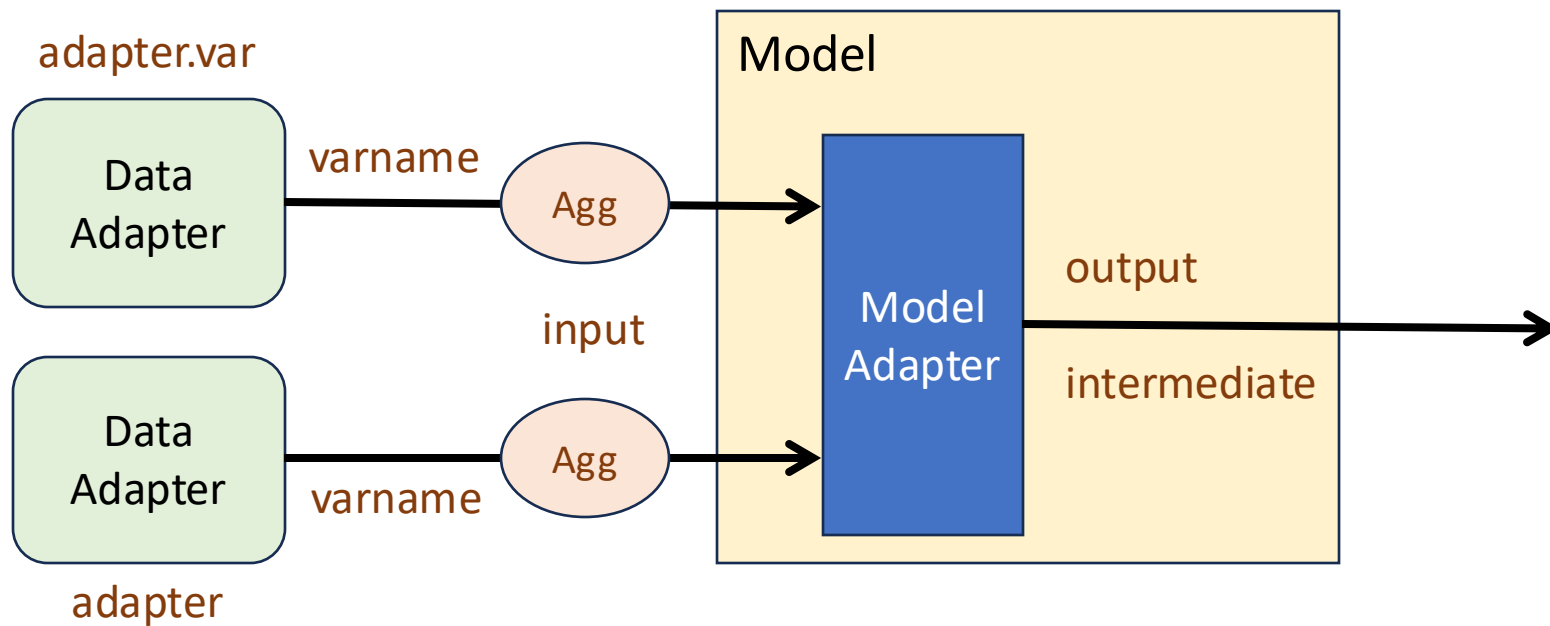
ชื่อฟิลด์ข้อมูล	ชนิด	คำอธิบาย	หมายเหตุ
id	string	รหัสของสถานที่พยากรณ์	Optional, ระบบจะทำการสร้างใหม่ให้ เพื่อให้เกิดค่าที่ Unique
title	string	ชื่อของสถานที่พยากรณ์	
url	string	รายละเอียดของสถานที่โดยย่อ	Optional
mapping	List<[string, string]>	ชนิดของการพยากรณ์	ค่าที่เป็นไปได้: demand (พยากรณ์ความต้องการใช้ไฟฟ้า และ supply (พยากรณ์การผลิตไฟฟ้า)
input_range	[integer, integer]	ช่วงข้อมูล input ที่ใช้โดยแบบจำลอง	อ้างอิงข้อมูล interval
input	List<ForecastParameter>	ค่า input ที่จะต้องดำเนินการจัดเตรียม	
intermediate	List<ForecastOutput>	ค่าผลการทำนายระหว่างทาง	
output	ForecastParameter	ค่าผลลัพธ์ของการพยากรณ์	



# Model Input

input:

- { varname: ... , adapter: ... , aggregator: ... }
- { varname: ... , adapter: ... , aggregator: ... }





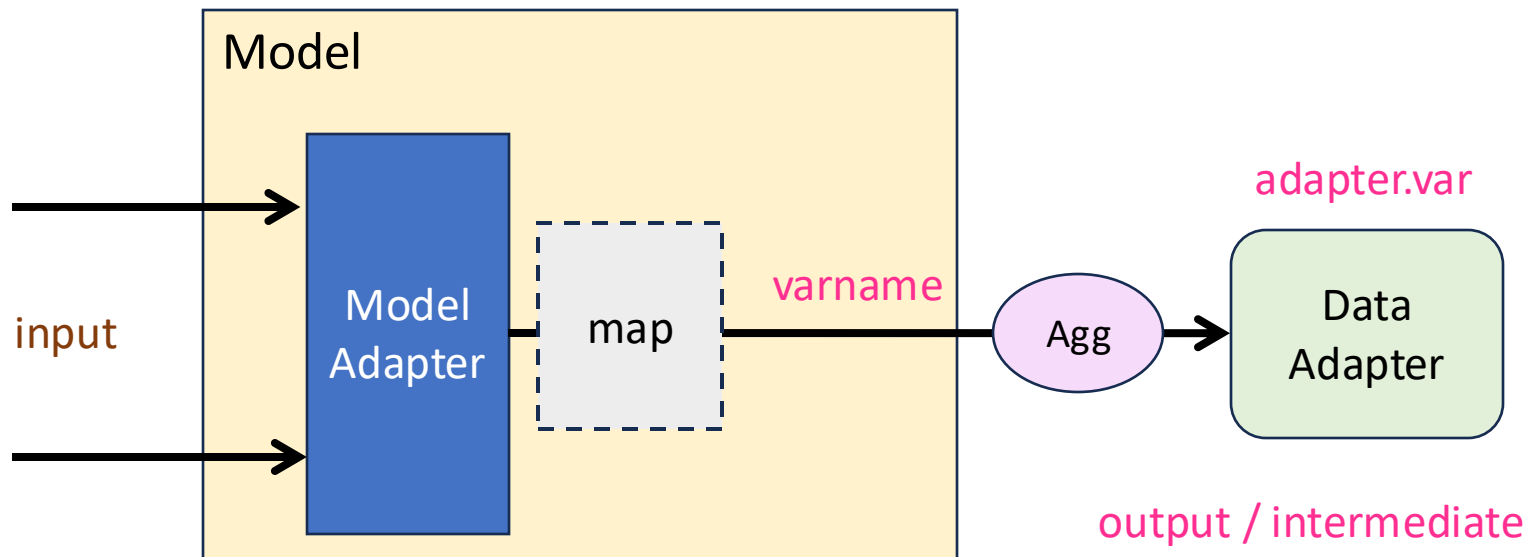


# Model Output

output: { varname: ... , adapter: ... , aggregator: ... }

intermediate:

- from\_model: { varname: , adapter: , aggregator: },  
actual: { varname: , adapter: , aggregator: }





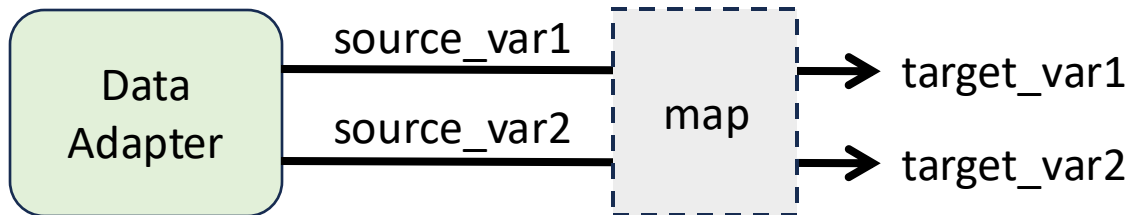
# Data Adapter

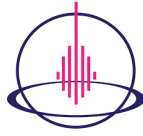
adapters:

- { id: ... , type: ... , config: ... , mappings: ... }
- { id: ... , type: ... , config: ... , mappings: ... }

mappings:

- ['source\_var1', 'target\_var1']
- ['source\_var2', 'target\_var2']





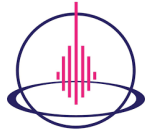
ชื่อฟิลด์ข้อมูล	ชนิด	คำอธิบาย	หมายเหตุ
id	string	รหัสของ Adapter	ใช้อ้างอิงจากส่วนของ ForecastParameter
type	string	ชนิดของ Adapter	รองรับ CSV, MINIO และ API
config	Dict<string, string>	รายละเอียดของค่า Config	
mapping	List<[string, string]>	การสร้าง mapping ระหว่างชื่อใน data source และชื่อในการนำไปใช้	



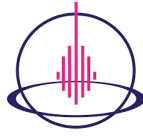
# YAML Syntax

---

- YAML Ain't Markup Language ใช้สำหรับเขียนข้อมูลที่เป็น structured data เช่น configuration file
- ใช้การเยื้องด้วย **space** เท่านั้น (ห้ามใช้ tab) เพื่อระบุระดับของโครงสร้าง
- **Key-value pair** เขียนในรูป **key: value**
- **List** ใช้ - หารายการ
- **Nested structure** (โครงสร้างซ้อน) ใช้การเยื้องเพื่อแสดงลำดับชั้น
- **Comment** ใช้ # นำหน้า เช่น # This is a comment
- **String** สามารถใส่หรือไม่ใส่เครื่องหมาย quote ก็ได้



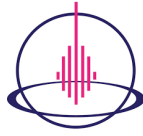
```
1 id: house_sample1
2 title: บ้านทดสอบ MinIO
3 description: บ้านทดสอบ MinIO
4 address: 254 ถ.พญาไท แขวงปทุมวัน เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330
5 image: house_sample1.jpg
6 coordinates: [13.737180529362405, 100.53228334603335]
7 map_url: https://www.google.com/maps/embed?pb=!1m14!1m8!1m3!1d15502.800469628695!2d100.532
8 tags: ['housing', 'rama-2']
9 forecasts:
10   - id: 'intra_day_demand'
11     title: 'Intra-Day Demand Forecasting'
12     type: 'demand'
13     scheme: intra_day
14     interval: 15min
15     actual: { varname: 'actual_netload', adapter: 'h1_intra_day_netload.actual_netload', a
16     models:
17       - id: 'h1_intra_day_demand_lookback'
18         title: 'Lookback'
19         adapter:
20           type: 'ml_basic'
21           url: http://localhost:8000/demand/infer
22         config:
```



```
16 models:
17   - id: 'h1_intra_day_demand_lookback'
18     title: 'Lookback'
19     adapter:
20       type: 'ml_basic'
21       url: 'http://localhost:8000/demand/infer'
22       config:
23         target_site: 'cu_bems'
24         target_col: 'netload(kW)'
25         input_cols: 'netload(kW)'
26         model: 'lookback'
27       mappings:
28         - ['target_time', 'Datetime']
29         - ['forecasted', 'lookback']
30     input_range: [-96, 0]    # 24 hours (96 x 15-min datapoints), left inclusive
31     horizon: 96
32     input:
33       - { varname: 'netload(kW)', adapter: 'h1_intra_day_netload.actual_netload', agg
34     output: { varname: 'lookback', adapter: 'h1_intra_day_lookback_output_adapter.loc
```

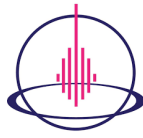


```
35 adapters:
36   - id: 'h1_intra_day_netload'
37     type: 'csv'
38     config:
39       path: 'sample_data/house_sample1/house_sample1.csv'
40       timestamp: 'Datetime'
41     mappings:
42       - ['netload(kW)', 'actual_netload']
43   - id: 'h1_intra_day_lookback_output_adapter'
44     type: 'csv'
45     config:
46       path: 'sample_data/house_sample1/house_sample1_predictions.csv'
47       timestamp: 'Datetime'
48     mappings:
49       - ['lookback', 'lookback']
```



```
1 id: house_sample3
2 title: บ้านตัวอย่าง มินบุรี
3 description: บ้านตัวอย่าง จากพื้นที่เขตมินบุรี
4 address: รามอินทรา เขตมินบุรี กรุงเทพฯ
5 image: house_sample3.jpg
6 coordinates: [13.737180529362405, 100.53228334603335]
7 map_url: https://www.google.com/maps/embed?pb=!1m14!1m8!1m3!1d15502.800469628695!2d10
8 tags: ['housing']
9 forecasts:
10   - id: 'intra_day_demand'
11     title: 'Intra-Day Demand Forecasting'
12     type: 'demand'
13     scheme: intra_day
14     interval: 15min
15     actual: { varname: 'actual_netload', adapter: 'h3_intra_day_netload.actual_netloa
```





```
16 models:
17   - id: 'h3_intra_day_demand_lookback'
18     title: 'Lookback'
19     adapter:
20       type: 'ml_basic'
21       url: 'http://localhost:8000/demand/infer'
22       config:
23         target_site: 'cu_bems'
24         target_col: 'netload(kW)'
25         input_cols: 'netload(kW)'
26         model: 'lookback'
27       mappings:
28         - ['target_time', 'Datetime']
29         - ['forecasted', 'lookback']
30     input_range: [-96, 0] # 24 hours (96 x 15-min datapoints), left inclusive
31     horizon: 96
32     input:
33       - { varname: 'netload(kW)', adapter: 'h3_intra_day_netload.actual_netload', a
34     output: { varname: 'lookback', adapter: 'h3_intra_day_lookback_adapter.lookback'
```



```
35 adapters:
36   - id: 'h3_intra_day_netload'
37     type: 'METERAPI'
38     profile: 'mea_meter'
39     config:
40       url: 'https://data-api.mea.or.th/amr/lp'
41       username: 'cu_dev'
42       password: '70NdF4!YPP~_dzk>./gG'
43       timestamp: 'Datetime'
44       api_key: 'tmKF4bsoctUoWDGjVqH+t6BBG8zmPTJ5GosaPux19c='
45       meter_no: '67045232'
46     mappings:
47       - ['demand_import_kw', 'actual_netload']
48     cache_enabled: true
49     cache_prefetch_days: 14
50   - id: 'h3_intra_day_lookback_adapter'
51     type: 'csv'
52     config:
53       path: 'sample_data/house_sample3/house_sample3_predictions.csv'
54       timestamp: 'Datetime'
55     mappings:
56       - ['lookback', 'lookback']
```

You, 7 months ago • fix fillna that caused problem

# เครื่องมือที่ช่วยการสร้าง Site Configuration



- VSCode + YAML Support by Red Hat extension
- Install extension
- Add configuration (.vscode/settings.json)

```
1 {  
2   "yaml.schemaStore.url": "https://www.schemastore.org/api/json/catalog.json",  
3   "yaml.schemaStore.enable": true,  
4   "yaml.schemas": {  
5     "mea-forecast.json": "*.yaml"  
6   }  
7 }
```

- Copy mea-forecast.json from repo to your yaml folder
- See <https://github.com/natawutn/mea-re-config> repo for both files



# กฎของ Site Configuration

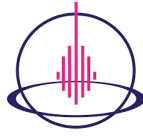
- ถูกต้องตาม YAML syntax โดยมี keyword และลำดับชั้นที่เป็นไปตาม site configuration schema (mea-reforecast.json)
- id ของ Site จะต้องไม่ซ้ำกับ Site ที่มีอยู่ในปัจจุบัน
- สำหรับ Data Adapter ใน Site เดียวกัน
  - id จะต้องไม่ซ้ำกัน
  - type จะต้องรองรับโดยระบบ (ปัจจุบันจะมี CSV, METERAPI, MINIO)
  - มีค่า config keyword ที่สอดคล้องกับข้อกำหนดของแต่ละชนิด
    - CSV ต้องมี path กับ timestamp
    - METERAPI ต้องมี url, username, password, timestamp, meter\_no, api\_key (proxy เป็น optional)
    - MINIO ต้องมี bucket\_name, url, username, password, timestamp, site\_name, feature



# กฎของ Site Configuration

---

- สำหรับ Forecast ใน Site เดียวกัน
  - id จะต้องไม่ซ้ำกัน
- สำหรับ Model ในแต่ละ Forecast
  - type จะต้องรองรับโดยระบบ (ปัจจุบันจะมี ML\_BASIC, ML\_BASIC\_SUPPLY)
  - มีค่า config keyword ที่สอดคล้องกับข้อกำหนดของแต่ละชนิด
    - ML\_BASIC ต้องมี target\_site, target\_col, input\_cols, model
    - ML\_BASIC\_SUPPLY ต้องมี target\_site, horizon, model\_name



# จบการนำเสนอ