

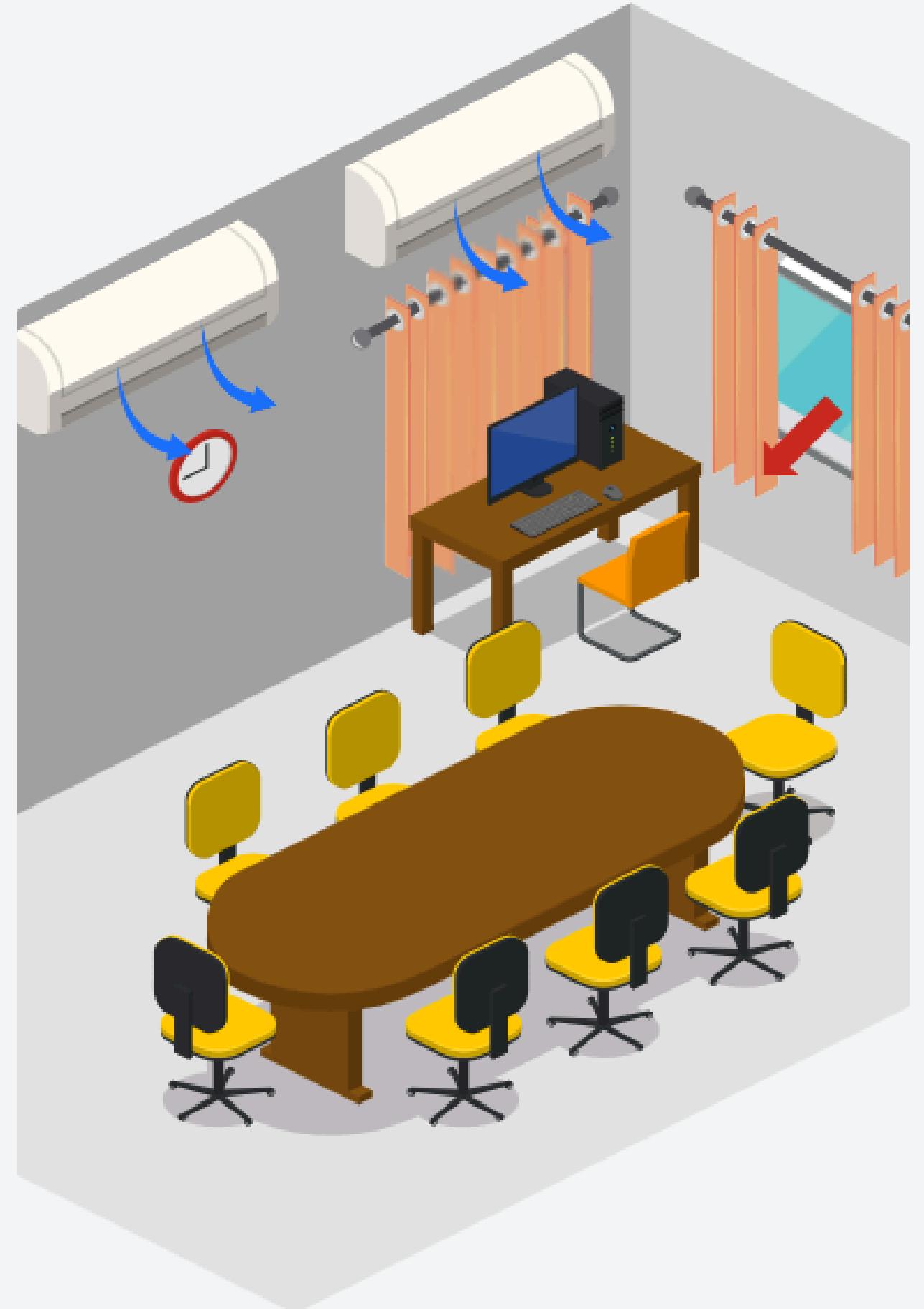


ระบบติดตามและประเมินคุณภาพอากาศเชิงพื้นที่ภายในอาคาร โดยอาศัยเทคโนโลยีแมชชีนเลิร์นинг และอินเทอร์เน็ตอฟเฟิร์ส

Indoor Microclimate Prediction System using
Machine Learning and Internet of Things

64100738 กษิติศ บุญชัย
64107899 ปันธ์ อุ่ยมน้ำ

อาจารย์ที่ปรึกษา: ผศ. กาญจนา ฤกทธ์พงศ์
ผศ. ดร. บุศรี ชาheads



កំណត់ខ្លួន

01 ឧណា

- ความสำคัญและที่มาของปัญหา
 - วัตถุประสงค์
 - ขอบเขตของงาน
 - ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ
 - อุปกรณ์ที่ใช้ในการพัฒนา
 - ผลที่จะได้รับเมื่อเสร็จสิ้นโครงการ

02 การวิเคราะห์แนวทางพัฒนาตัวแบบการเรียนรู้

- ระเบียบวิธีการพัฒนาตัวแบบการเรียนรู้
 - การออกแบบชุดเซนเซอร์
 - การนำเข้าและเตรียมข้อมูล
 - ค่าดัชนีความร้อน
 - การคำนวณค่าดัชนีความร้อน

03 การพัฒนาและทดสอบระบบ

- การประเมินคุณภาพอากาศเชิงพื้นที่
 - การกำหนด Hyperparameter สำหรับแบบจำลอง
 - กระบวนการหา Hyperparameter
 - วิธีการหา Hyperparameter ที่เหมาะสม
 - การพัฒนาและประเมินแบบจำลอง
 - วิธีการประเมินแบบจำลอง
 - การอภิปรายผล
 - การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันในการแสดงผลข้อมูล
 - สถาปัตยกรรมเว็บแอปพลิเคชัน

04 สรุปผลการดำเนินงาน

05 ວ້າງວົງ

06 แผนการดำเนินงาน

ສຄວະສບາຍ ?



PEOPLE SPEND
AROUND OF THEIR
TIME IN INDOOR

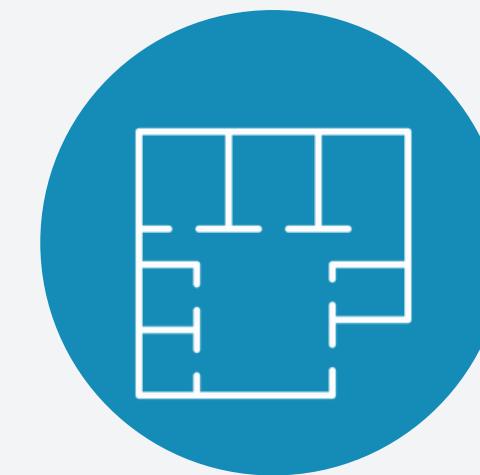


90%

ความสำคัญและที่มาของปัญหา



สภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมกับสภาวะสหาย
ของผู้อุปถัมภ์จะส่งผลให้คุณภาพชีวิต และ
ประสิทธิภาพการทำงานแย่ลง

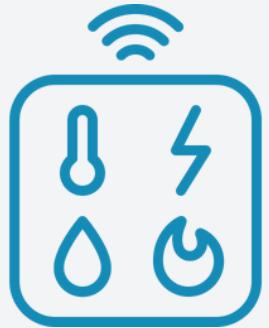


การควบคุมสภาพแวดล้อมภายในอาคารที่
มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาให้เหมาะสม
กับผู้อุปถัมภ์เป็นเรื่องที่ยาก



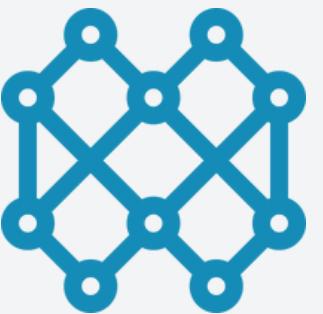
ไม่มีเทคโนโลยีในการติดตาม และ
ประเมินสภาวะสหายให้เหมาะสมกับ
ความหลากหลายของผู้อุปถัมภ์

ວັດຖຸປະສົງຄໍ



ເພື່ອສ້າງເຄື່ອງນີ້

ໃນການຕິດຕາມ ແລະ ປະເມີນກູມີອາກາສ
ເຊີງພື້ນທີ່ກ່ຽວຂ້ອງສ່ວນ
ກາຍໃນອາຄາຣ



ເພື່ອສ້າງແບບຈຳລອອງ

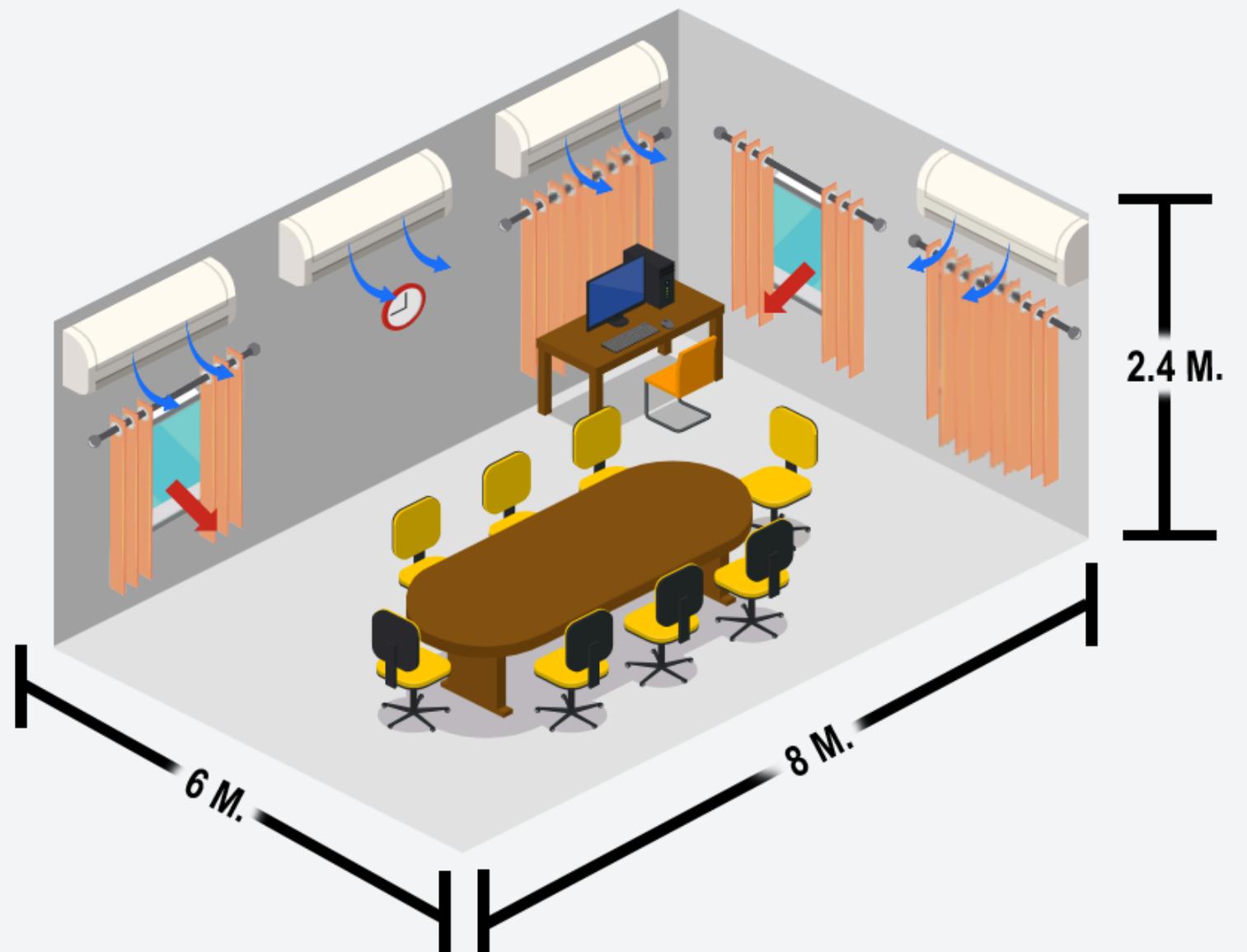
ທີ່ສາມາດປະເມີນກູມີອາກາສເຊີງພື້ນທີ່ກ່ຽວ
ກາຍໃນອາຄາຣ ເຊັ່ນທີ່ມີສ່ວນແວດລ້ອມທີ່ຫລາກຫລາຍ



ເພື່ອພິສູຈົນ

ແບບຈຳລອອງ Machine Learning
ສາມາດປະເມີນກູມີອາກາສເຊີງພື້ນທີ່ກ່ຽວ
ກາຍໃນອາຄາຣ

ขอใบอนุญาต



- 01** สร้างอุปกรณ์ที่สามารถติดตามและประเมินภูมิอากาศเชิงพื้นที่ภายในอาคาร
- 02** ออกรอบการทดลองและสร้างแบบจำลองเพื่อประเมินภูมิอากาศเชิงพื้นที่ภายในอาคาร
- 03** จำนวนเครื่องปรับอากาศภายในห้องทดลองกั้งหมัด 4 ตัว โดยควบคุมอุณหภูมิคงที่ที่ 25°C
- 04** จำนวนเครื่องวัดความเร็วลมกั้งหมัด 4 ตัวที่อ้างอิงตามจำนวนเครื่องปรับอากาศภายในอาคาร
- 05** เก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมกั้งภายในและภายนอกอาคาร ตลอด 24 ชั่วโมง

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

01

ได้เครื่องมือในการติดตามและประเมินภูมิอากาศเชิงพื้นที่ โดยสามารถประเมินภูมิอากาศ เชิงพื้นที่ที่สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมจริงในอาคาร

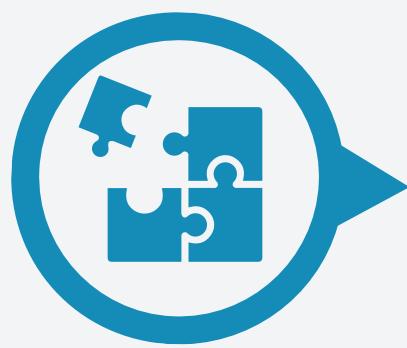
02

ได้แบบจำลอง **Machine Learning** ที่สามารถประเมินภูมิอากาศเชิงพื้นที่ภายในอาคารที่ มีสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย

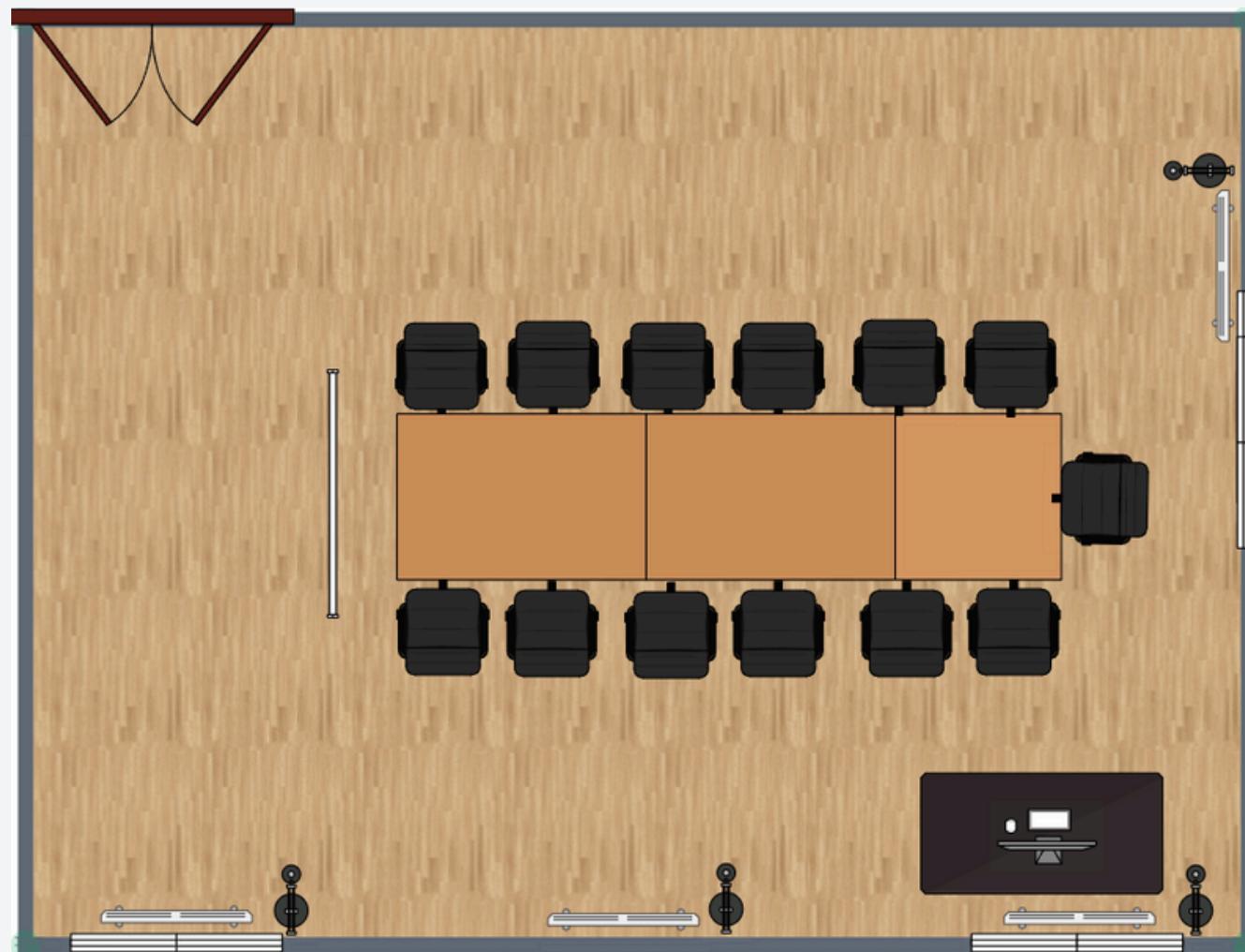
03

ได้ข้อพิสูจน์ของแบบจำลอง **Machine Learning** ที่สามารถใช้ในการประเมินภูมิอากาศ เชิงพื้นที่ที่มีสภาพแวดล้อมที่หลากหลายในอาคาร

ผลที่จะได้รับเมื่อเสร็จสิ้นโครงการ



ได้เลือกตัดสินใจ

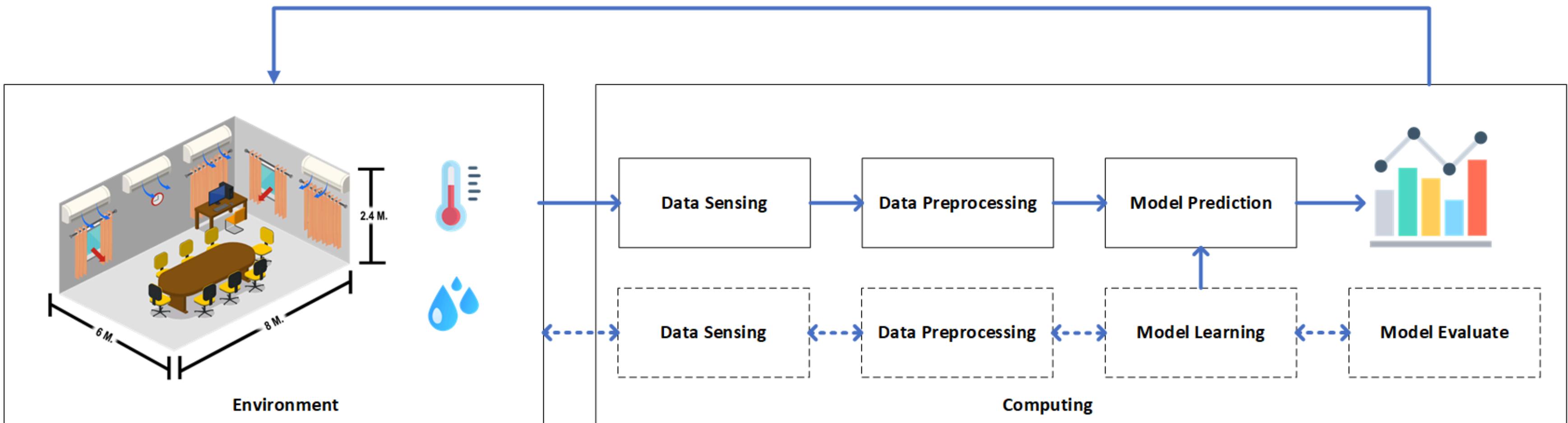


พื้นที่ที่เหมาะสม



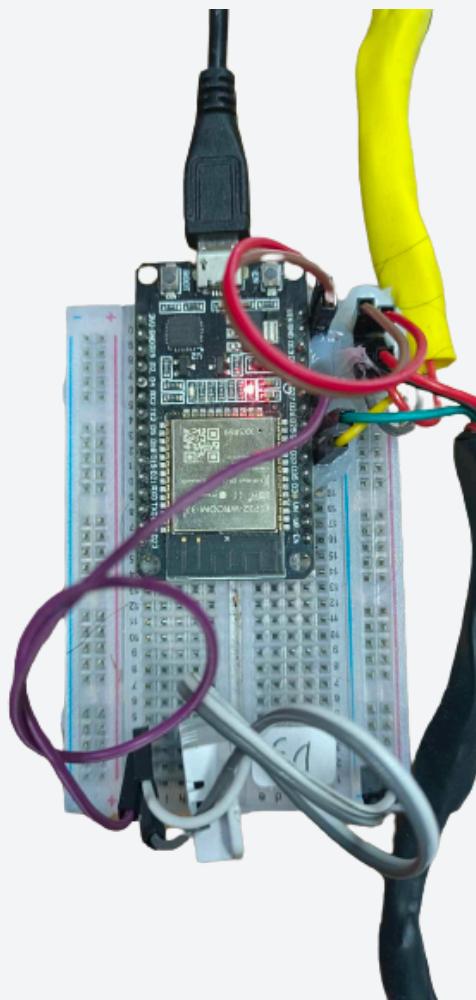
ได้รับอุปกรณ์

ຮະບັບວິການພັດນາຕົວແບບກາຣເຮັບຮູ້

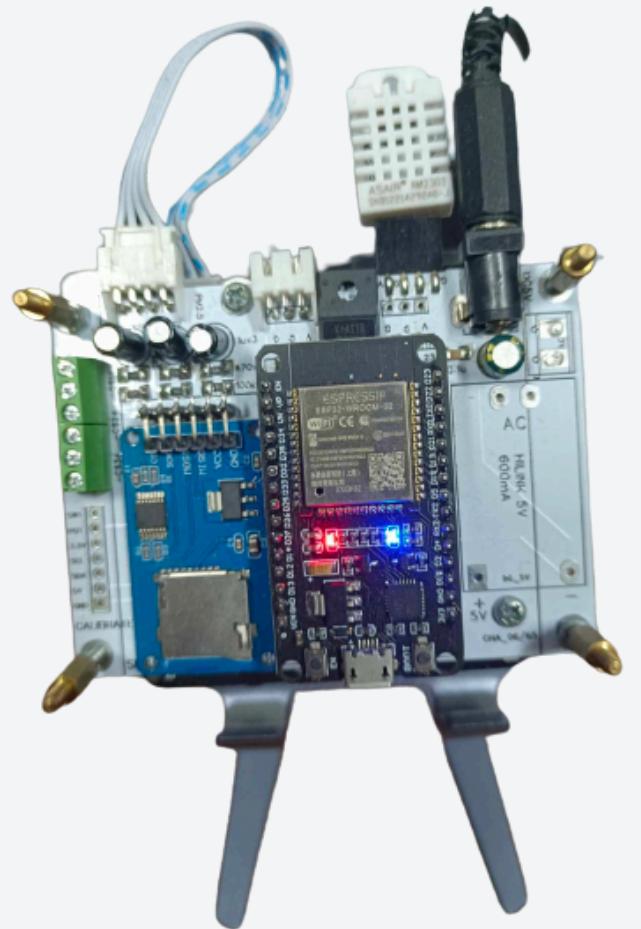


ໂຄຮງສ້າງຈາກວິເຄຣະໜະເບີບວິການພັດນາຕົວແບບກາຣເຮັບຮູ້ສໍາຫຼັບຮູບ

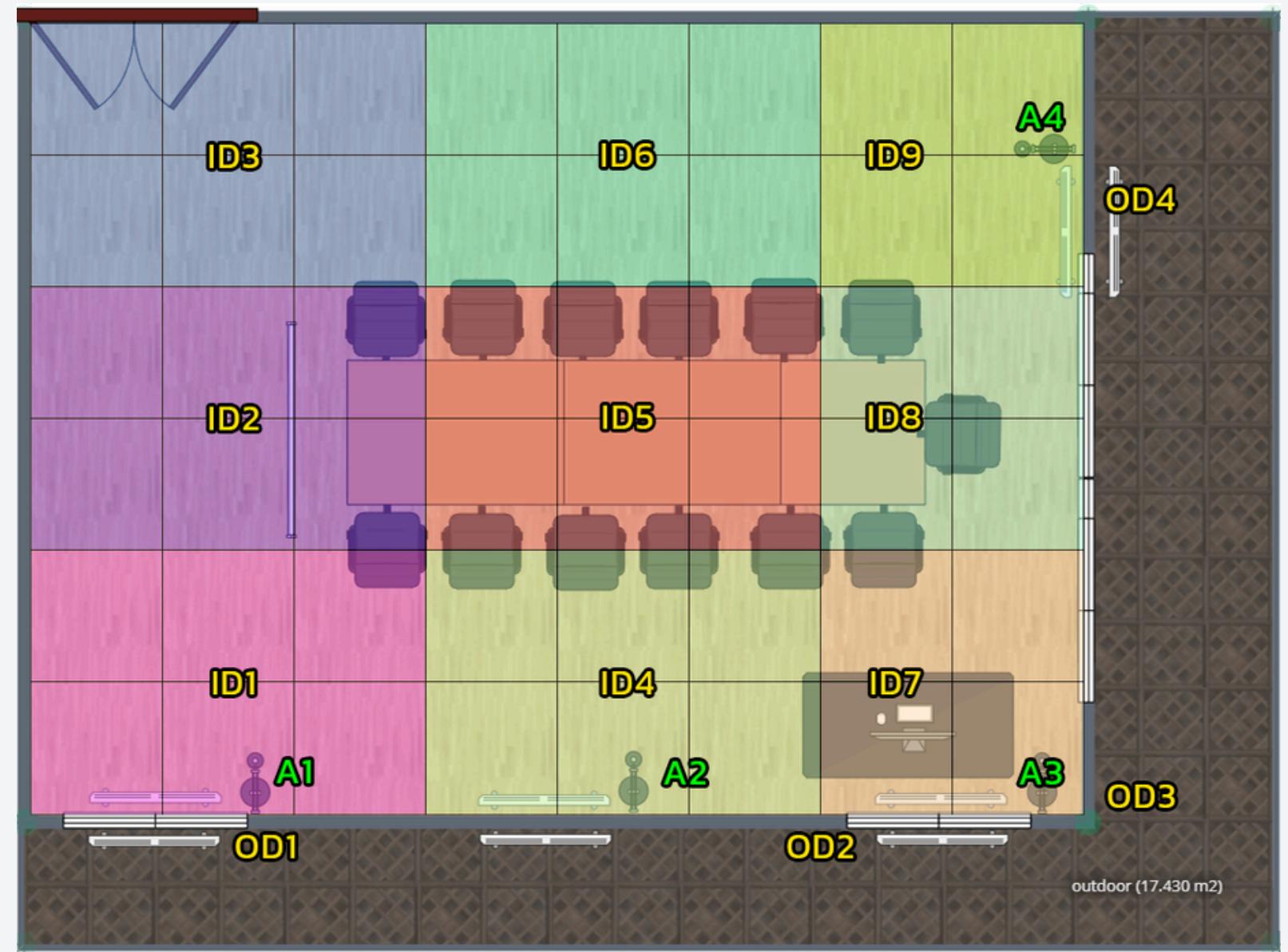
การอุปกรณ์แบบบุ๊ดเซนเซอร์ (สำหรับการทดลอง)



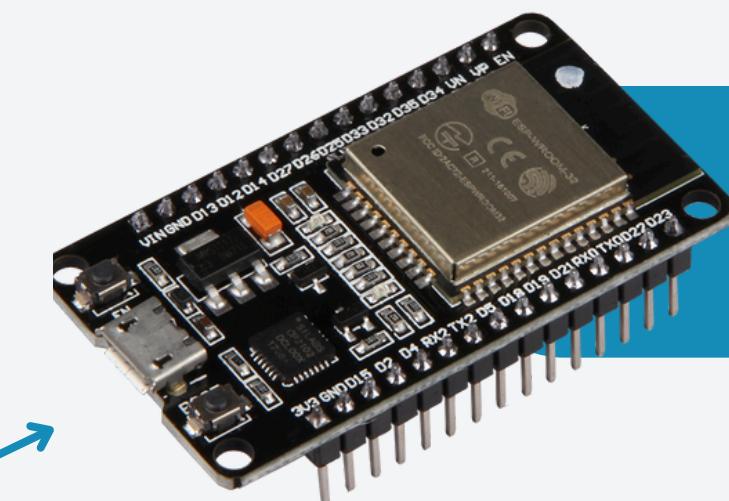
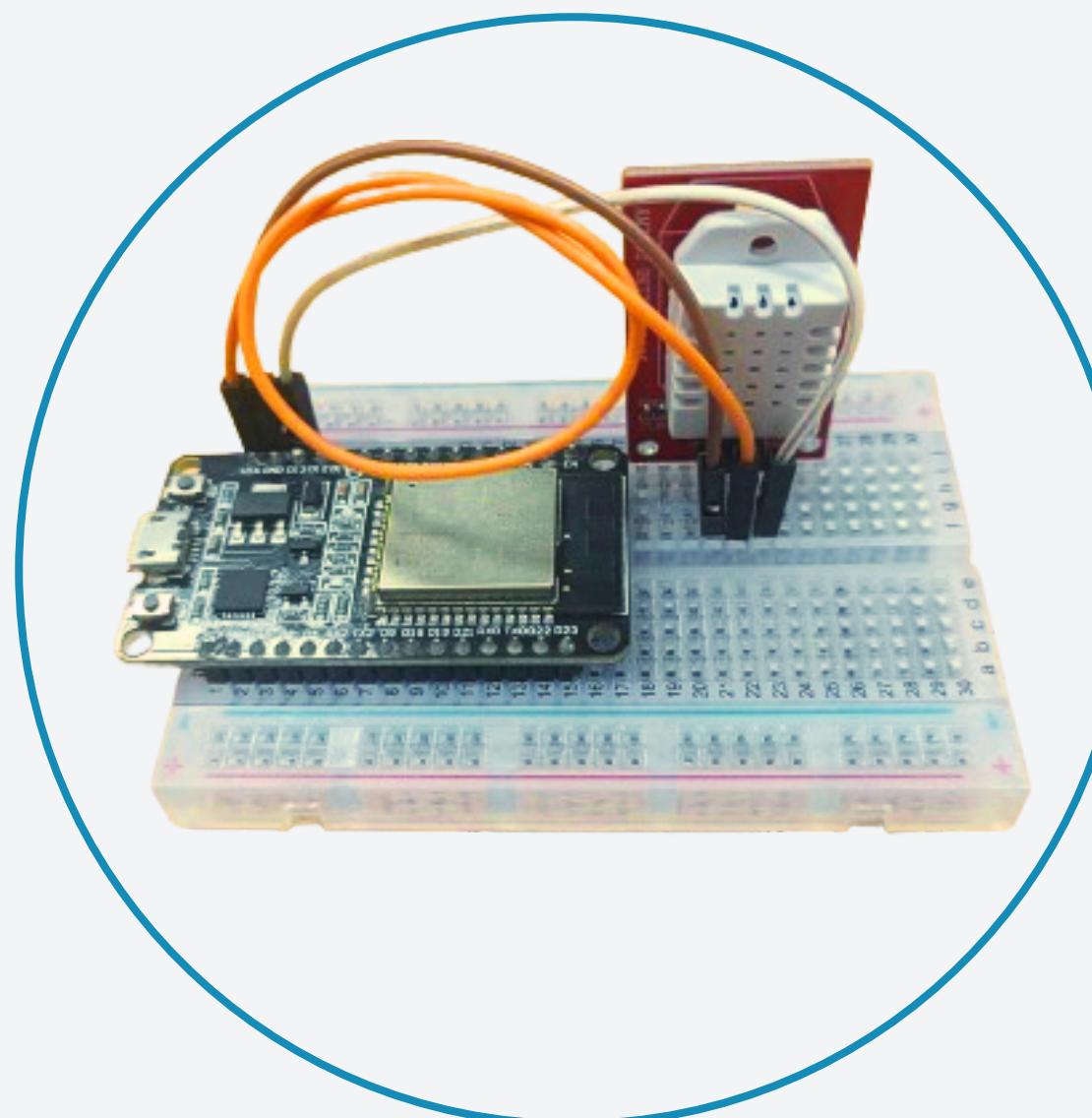
Indoor Node
(ID 1-9)



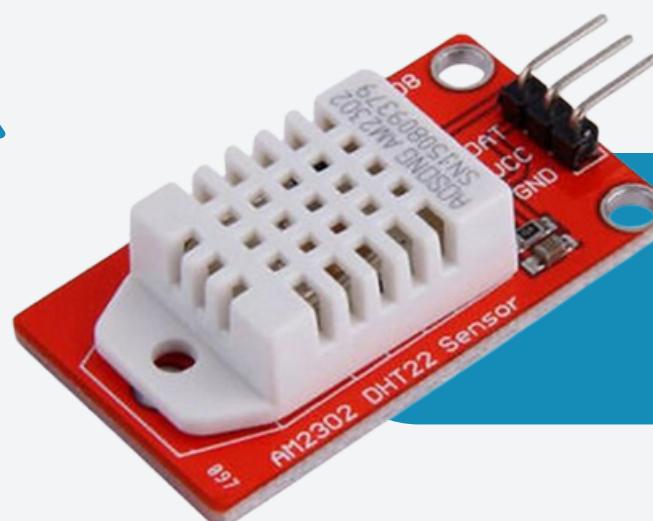
Outdoor Node
(OD 1-4)



การอุปกรณ์แบบบุ๊ดเซนเซอร์ (ตัวบันแบบผลิตภัณฑ์)



ESP-WROOM32



DHT22 AM2302

การนำเข้าและเตรียมข้อมูล

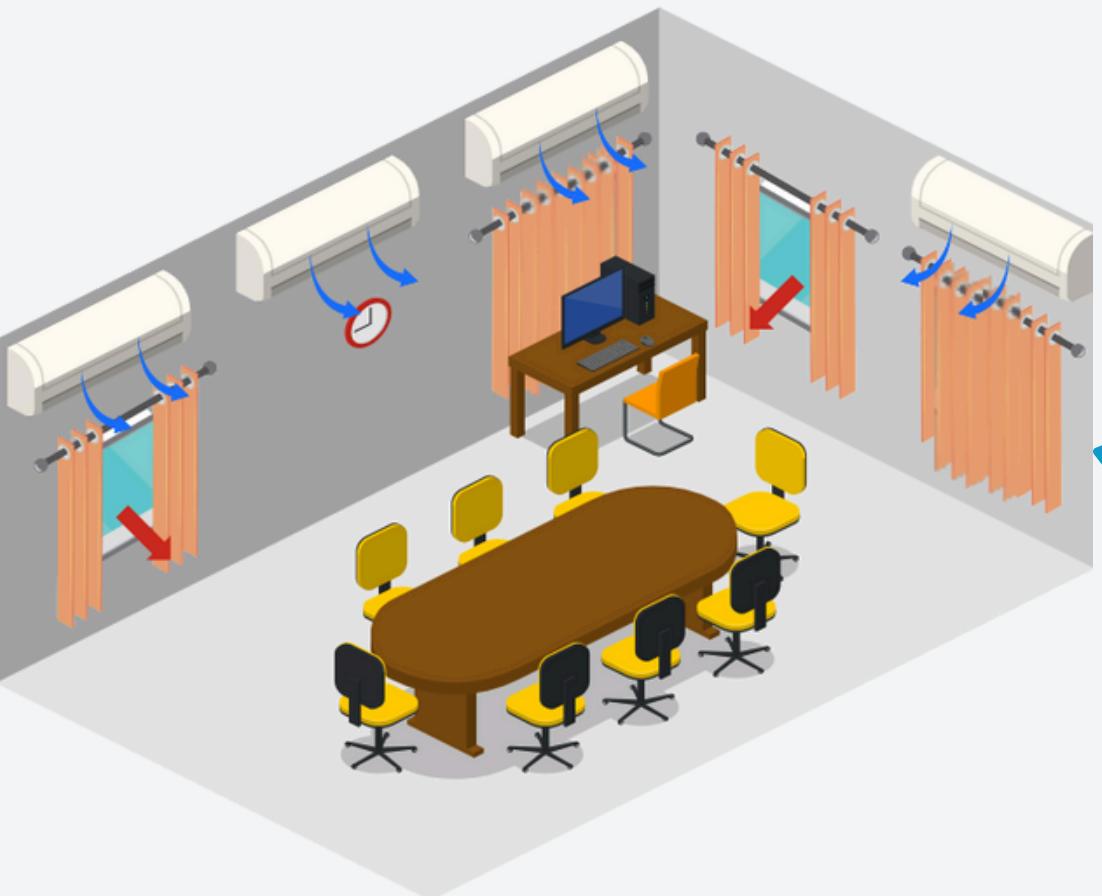
Dynamic Data

 Grid(n)_Temp

 Grid(n)_Humid

 Out(n)_Temp

 Out(n)_Humid



Constraint Data

 Curtain_State

 Window_State

 Door_State

 AC_State

การนำเข้าและเตรียมข้อมูล (ต่อ)

0 = ปิด

1 = เปิด

No.	Curtain_State	Window_State	Door_State	AC_State
1	0	0	0	1
2	1	1	0	1
...
n	0	1	1	1

ตัวอย่างรายการข้อมูล : สถานะผ้าม่าน หน้าต่าง ประตู และเครื่องปรับอากาศ

การนำเข้าและเตรียมข้อมูล (ต่อ)

No.	Grid1_Temp	Grid1_Humid	...	Grid9_Temp	Grid9_Humid	Out1_Temp	Out1_Humid	...	Out4_Temp	Out4_Humid
1	26.62	67.07	...	26.6	66.68	27.54	82.54	...	26.40	82
2	26.81	68.49	...	26.85	68.48	27.89	83.60	...	26.34	82.85
...
n	24.4	57.84	...	25.21	56.15	26.56	93.03	...	25.63	89.22

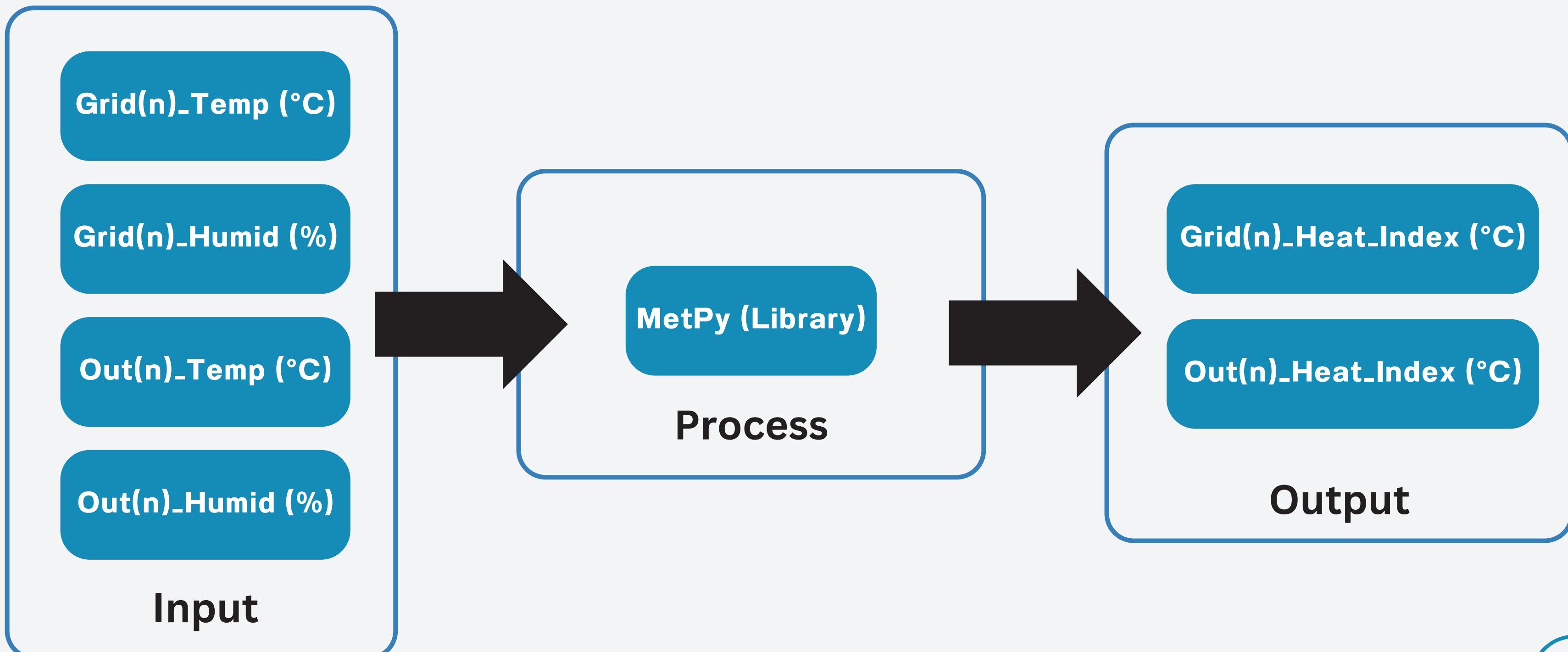
Temperature Humidity

ค่าดัชนีความร้อน

Relative Humidity %	Air temperature °C										
	21	24	27	29	32	35	38	41	43	46	49
0	18	21	23	26	28	31	33	35	37	39	42
10	18	21	24	27	29	32	35	38	41	44	47
20	19	22	25	28	31	34	37	41	44	49	54
30	19	23	26	29	32	36	40	45	51	57	64
40	20	23	26	30	34	38	43	51	58	66	
50	21	24	27	31	36	42	49	57	66		
60	21	24	28	32	38	46	56	65			
70	21	25	29	34	41	51	62				
80	22	26	30	36	45	58					
90	22	26	31	39	50						
100	22	27	33	42							

ที่มา : Time and place as modifiers of personal UV exposure (Diffey, B. 2018)

การคำนวณค่าดัชนีความร้อน

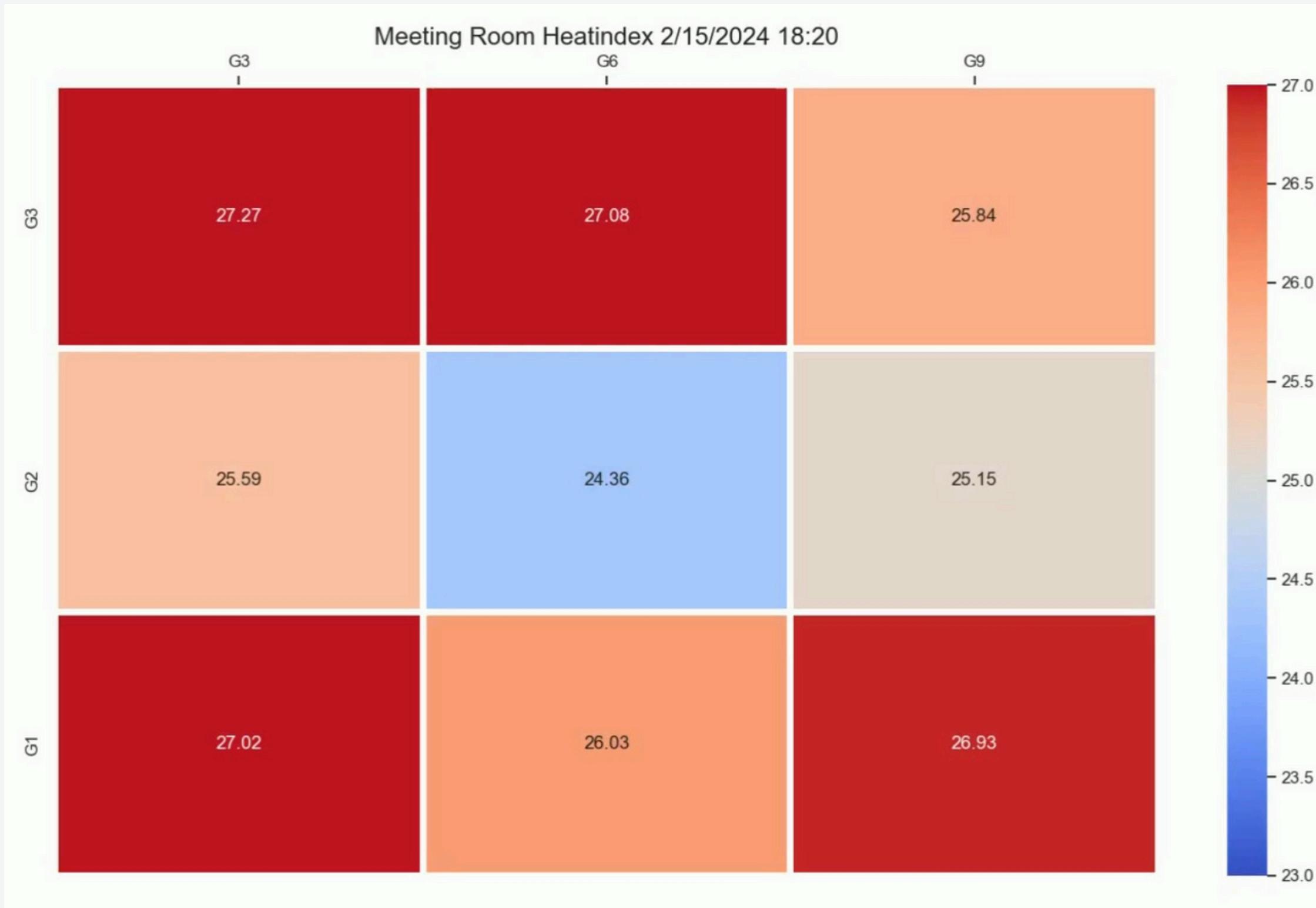


การคำนวณค่าดัชนีความร้อน (ต่อ)

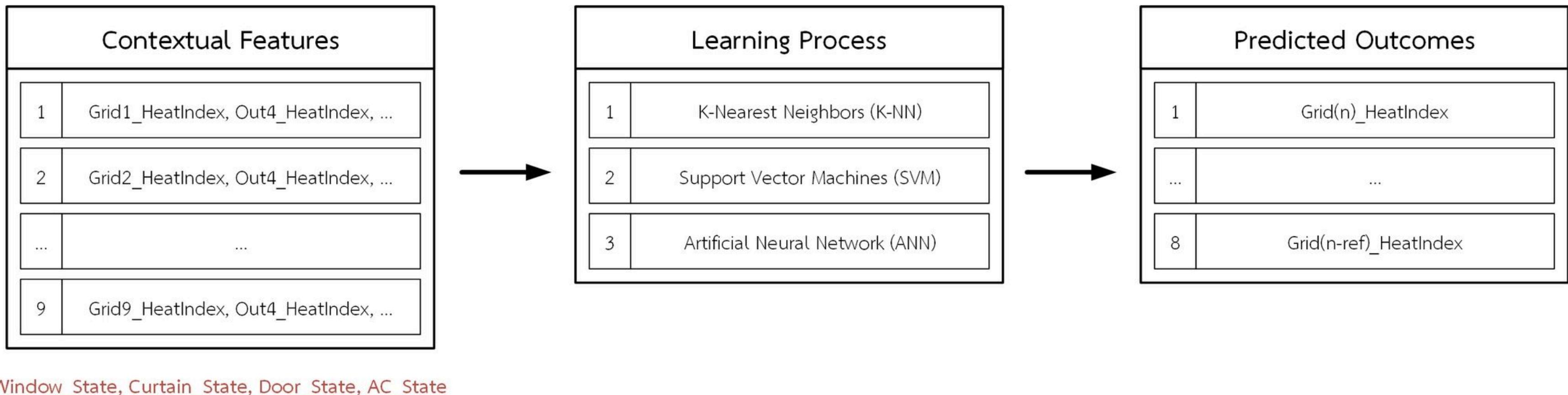
No.	Grid1_HeatIndex	...	Grid9_HeatIndex	Out1_HeatIndex	...	Out4_HeatIndex
1	28.04	...	28.01	29.97	...	25.58
2	28.40	...	28.45	29.88	...	28.51
...
n	24.41	...	25.24	28.13	...	27.12

Heat Index

การประเมินภูมิอากาศเชิงพื้นที่



การประเมินภูมิอากาศเชิงพื้นที่ (ต่อ)



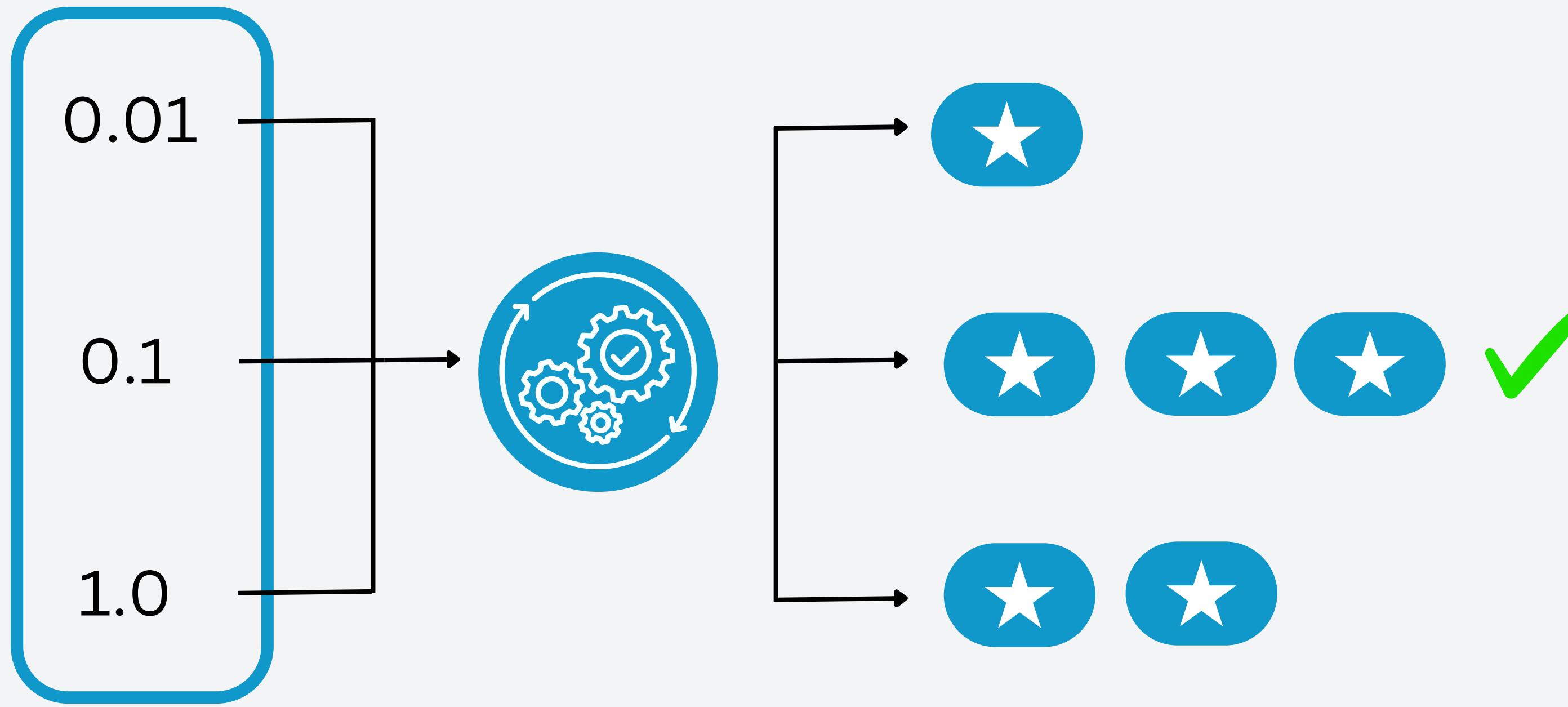
การกำหนด Hyperparameter สำหรับแบบจำลอง

K-NN	
Hyperparameter	Search Space
n_neighbors	[1, 2, 3,, 50]
weights	['uniform', 'distance']
nearest calculation function	['ball_tree', 'kd_tree', 'brute']

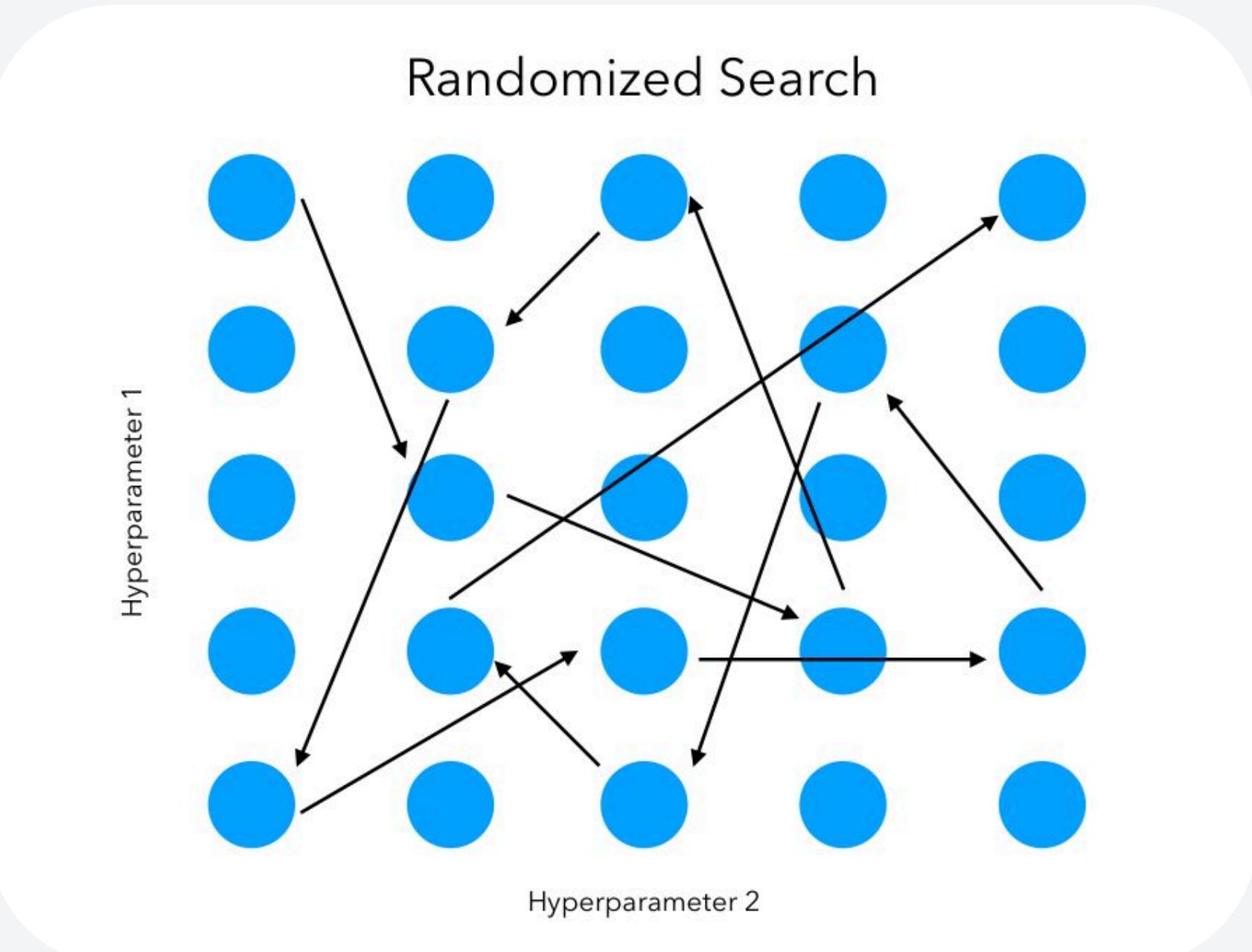
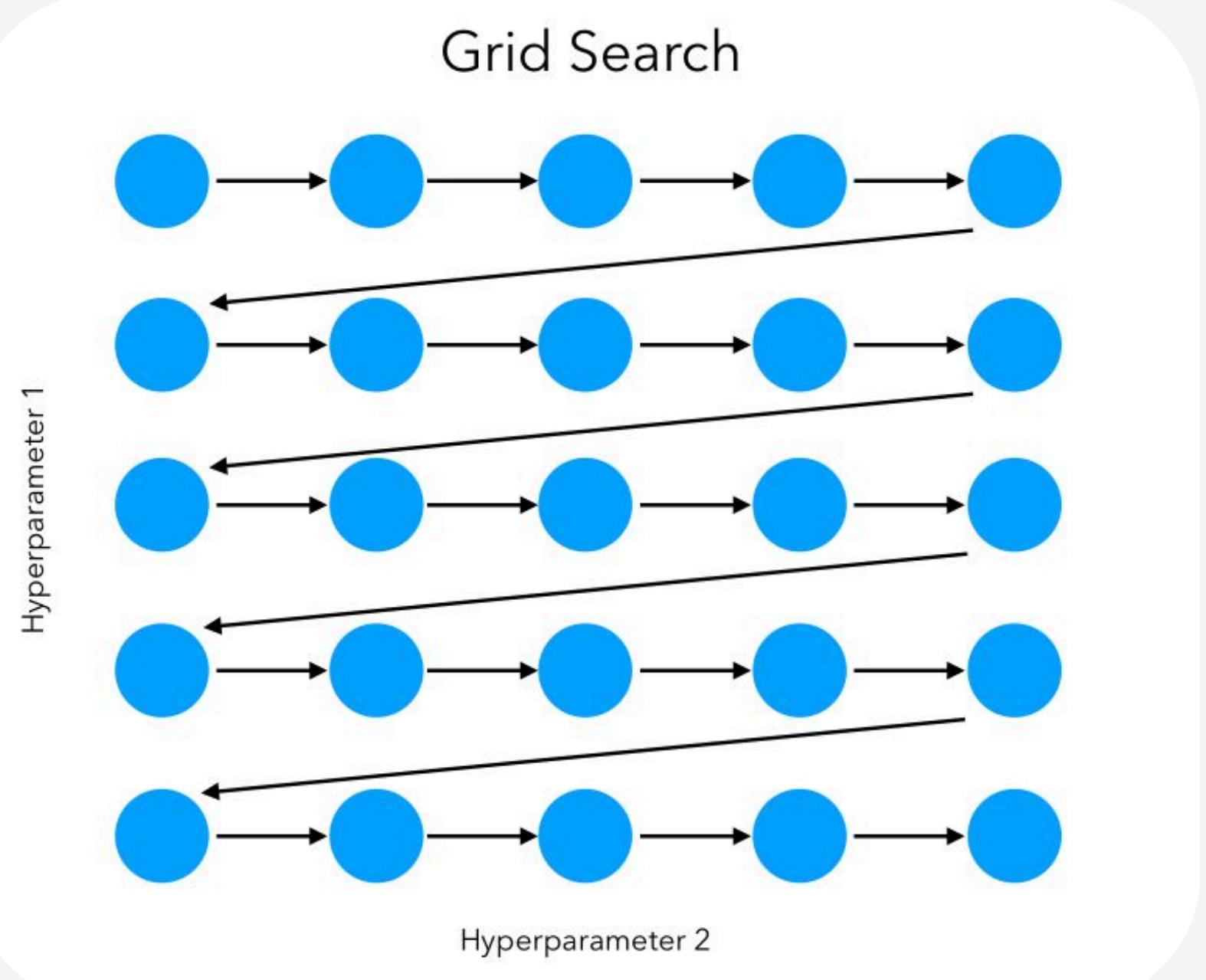
ANN	
Hyperparameter	Search Space
optimization function	['lbfgs', 'sgd', 'adam']
activation	['identity', 'logistic', 'tanh', 'relu']
hidden_layer_sizes	[(30,30), (50,50), (70,70), ..., (420,420)]
learning rate	[0.0001, 0.001, 0.01]

SVM	
Hyperparameter	Search Space
optimization function	['linear', 'rbf', 'poly', 'sigmoid']
gamma	[0.5, 1.0, 3.0, 7.0, 10.0]
c	[0.2, 0.8, 1.0, 10.0]

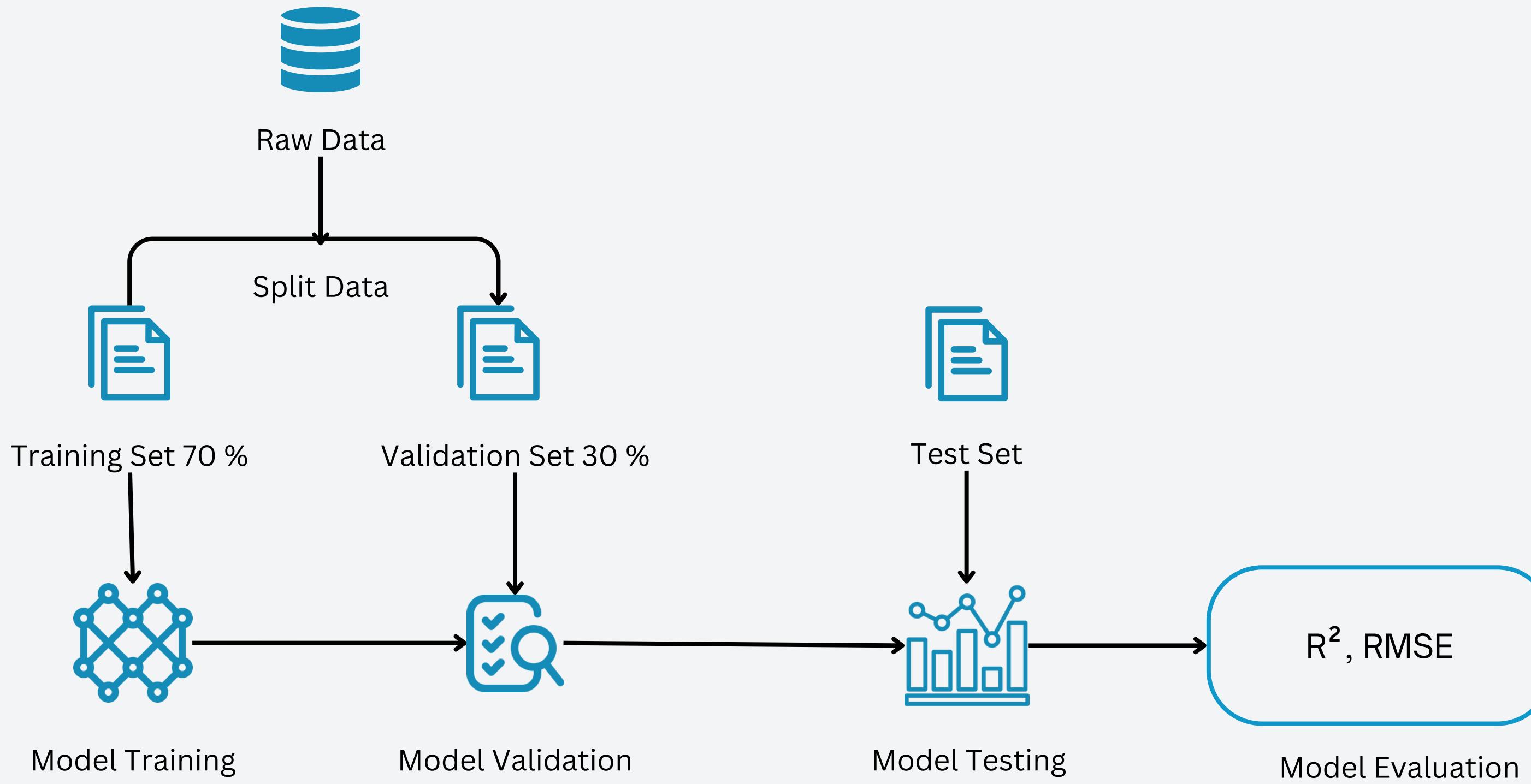
กระบวนการหา Hyperparameter



វិធារណា Hyperparameter នៃមែនាំសម



การพัฒนาและประเมินแบบจำลอง



วิธีการประเมินแบบจำลอง

R-Square

$$RSS = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$$

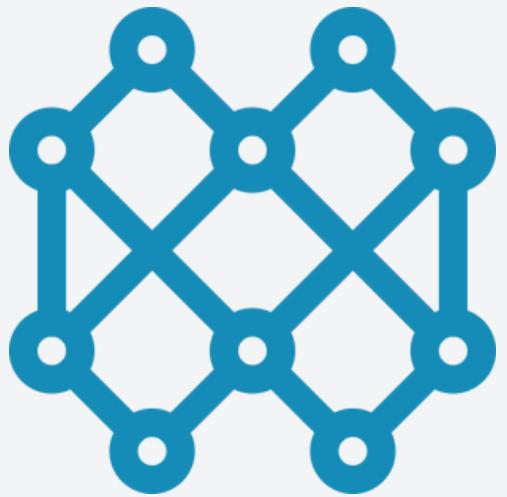
$$TSS = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$$

$$R^2 = 1 - \frac{RSS}{TSS}$$

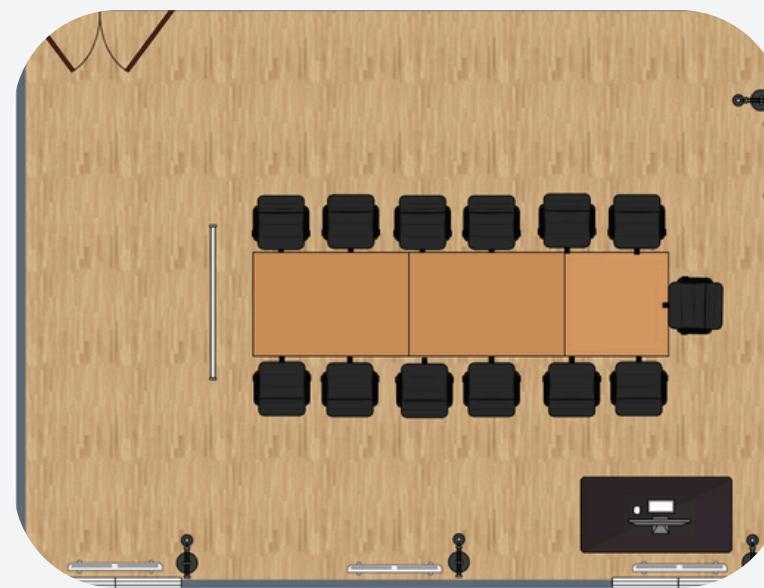
Root Mean Square Error

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n}}$$

การประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง



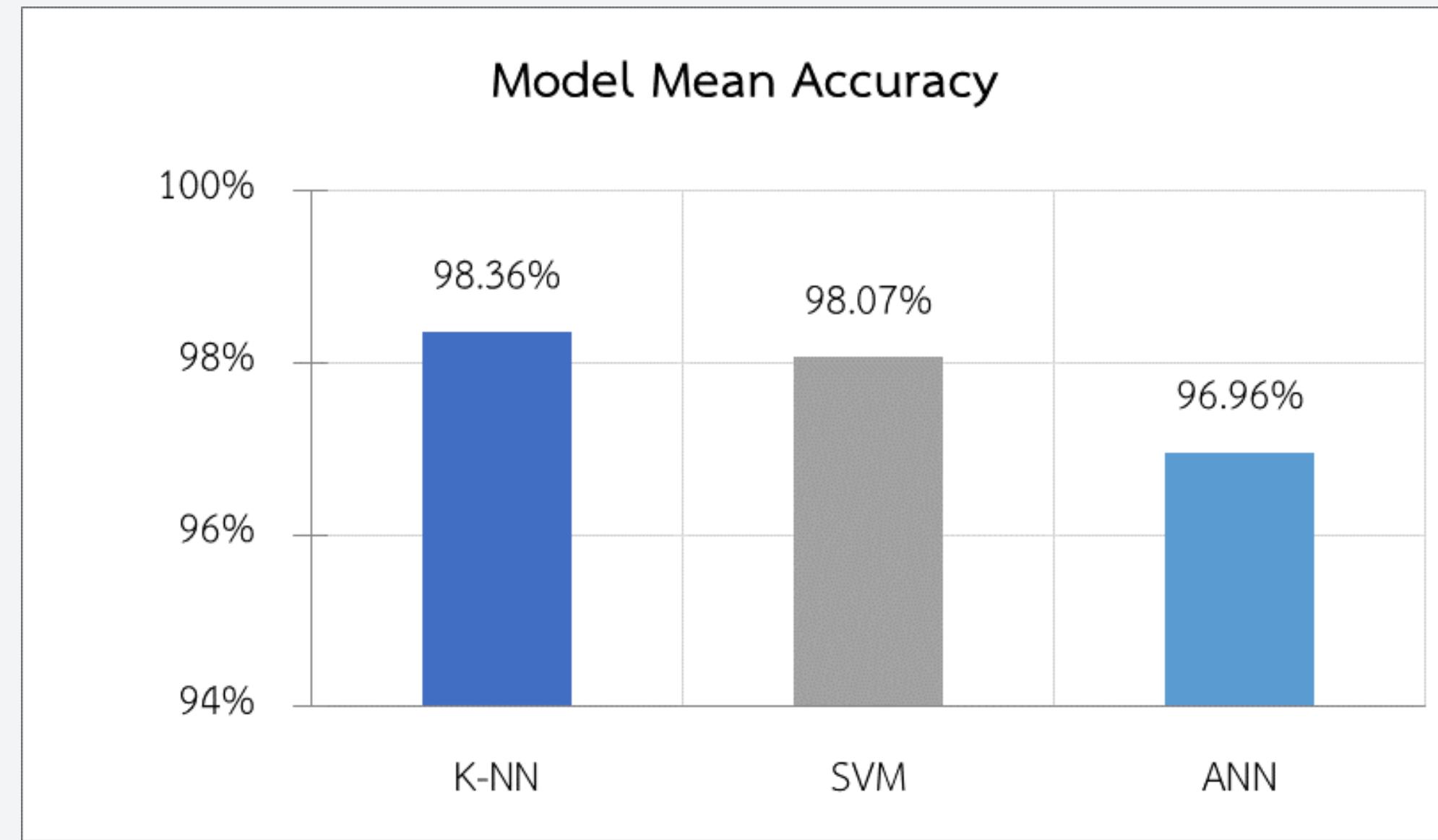
?



การประเมินประสิทธิภาพการเรียนรู้ของ
แบบจำลอง เพื่อหาอัลกอริทึมที่เหมาะสม

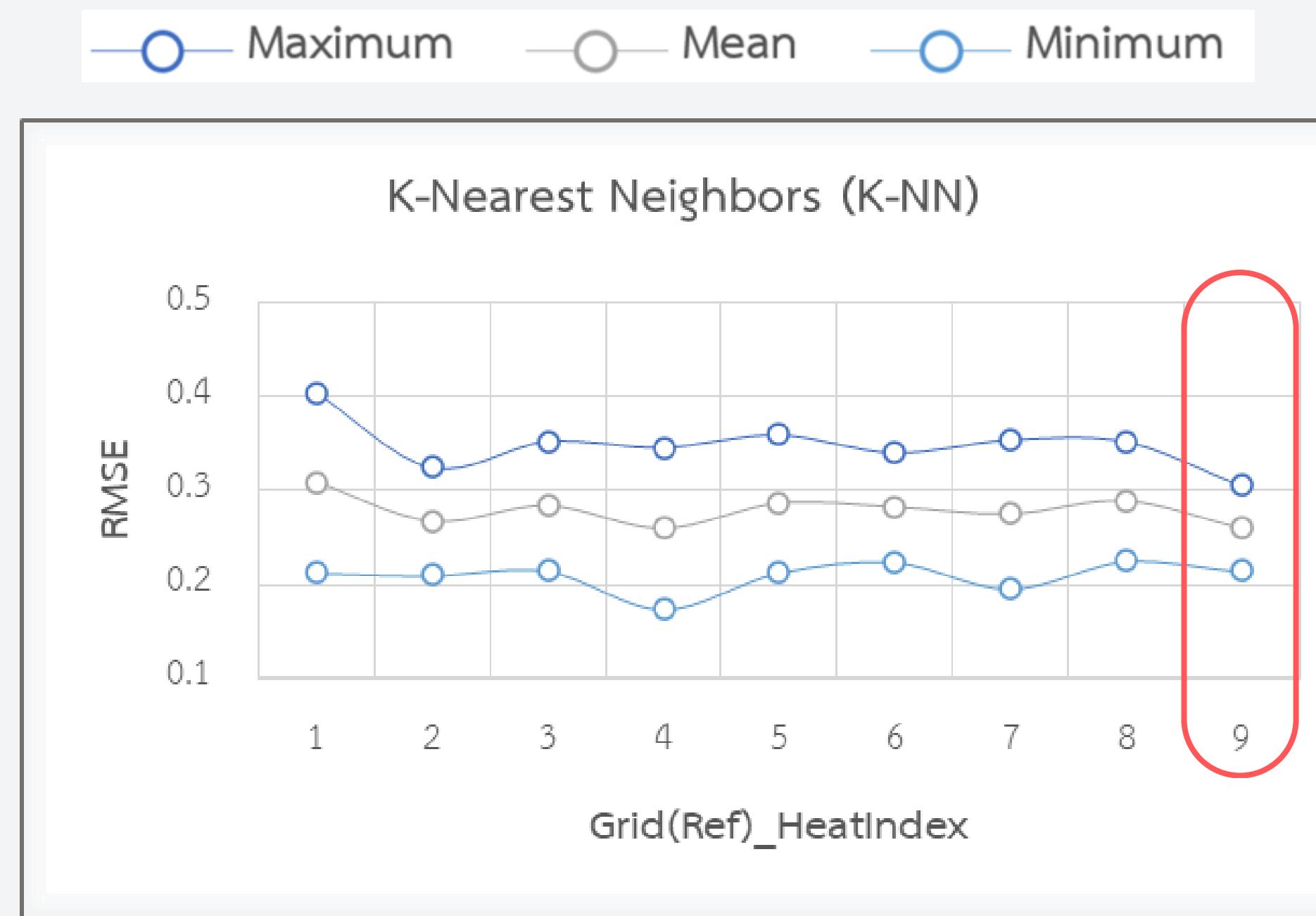
การประเมินประสิทธิภาพการคำนวณของ
แบบจำลอง เพื่อหาจุดอ้างอิงที่เหมาะสม

การประเมินประสิทธิภาพการเรียนรู้ ของแบบจำลอง



แบบจำลองที่สร้างจาก K-NN มีประสิทธิภาพในการเรียนรู้ดีที่สุด จาก
จุดอ้างอิงทุก ๆ จุดอ้างอิง

การประเมินประสิทธิภาพการคำนายของแบบจำลอง



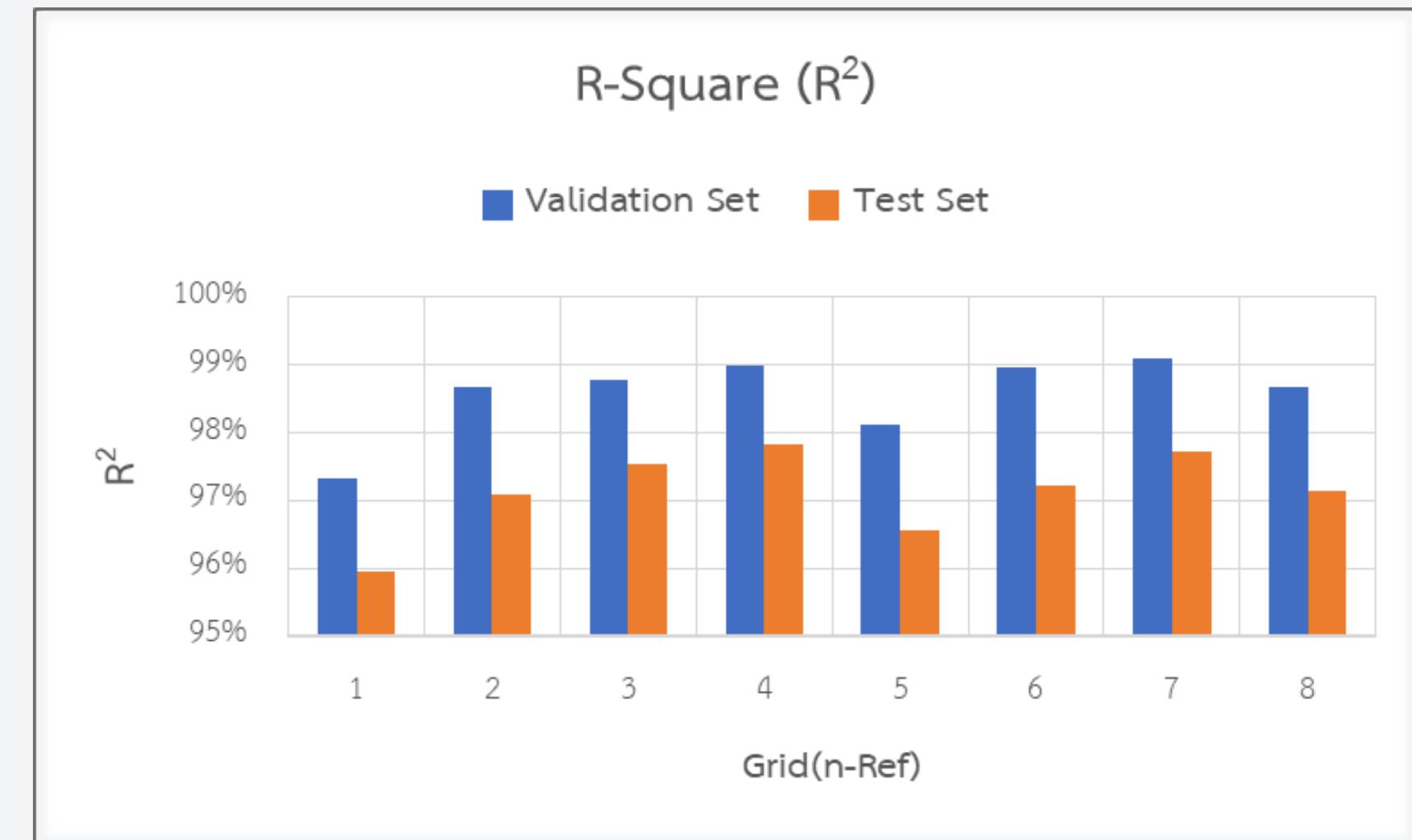
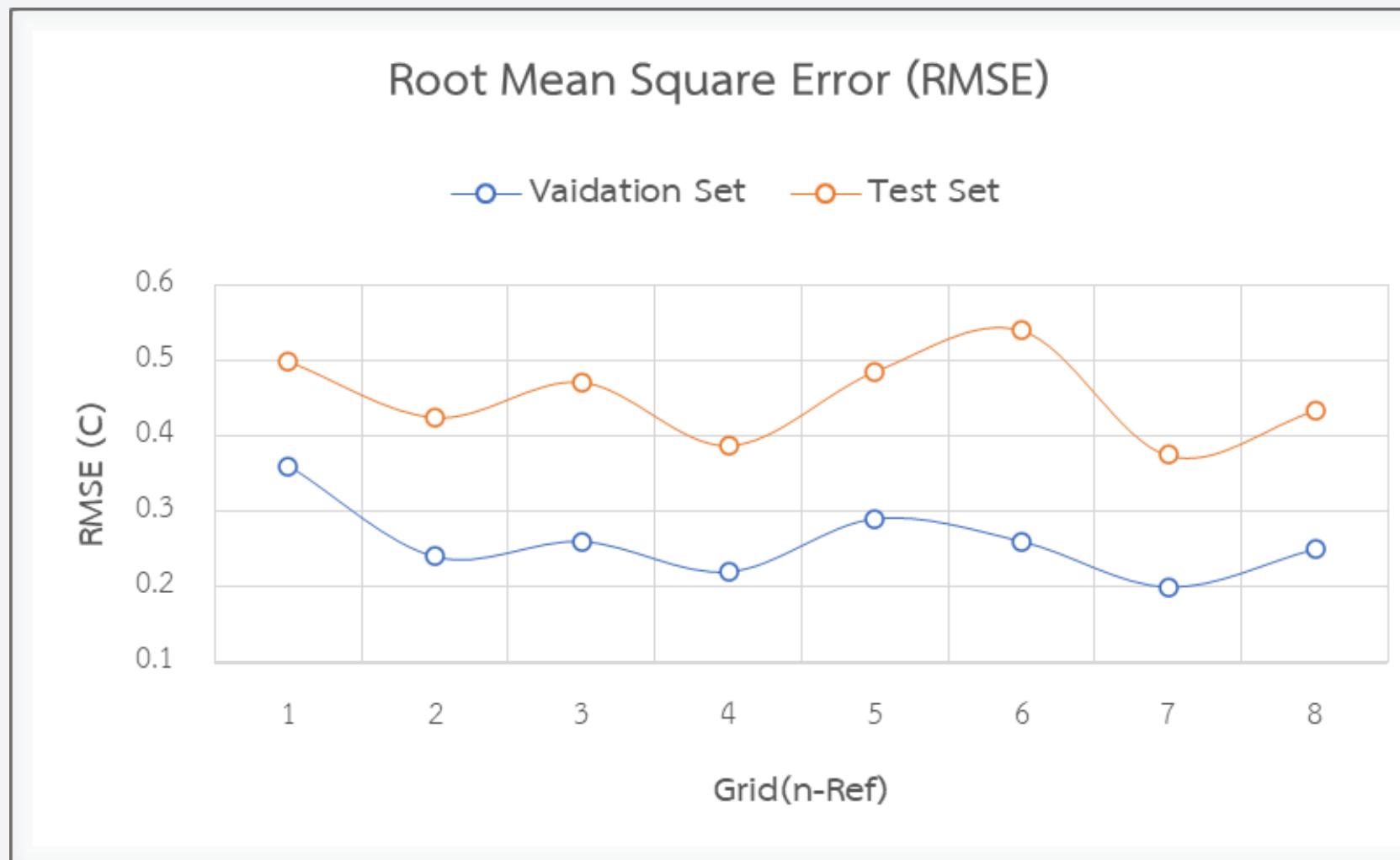
จุดอ้างอิงที่ 9 ของ K-NN
มีการคำนายค่าดัชนีความร้อน^{ประเมินโดยเฉลี่ยน้อยที่สุดที่ 0.26}

การประเมินประสิทธิภาพการทํางาน ของแบบจำลอง (ต่อ)



$P(Y X)$	Used Hyperparameter		
	n_neighbors	weights	nearest calculation function
$P(\text{Grid 1} \text{Grid 9})$	36	distance	ball_tree
$P(\text{Grid 2} \text{Grid 9})$	13		kd_tree
$P(\text{Grid 3} \text{Grid 9})$	9		ball_tree
$P(\text{Grid 4} \text{Grid 9})$	13		brute
$P(\text{Grid 5} \text{Grid 9})$	23		brute
$P(\text{Grid 6} \text{Grid 9})$	9		ball_tree
$P(\text{Grid 7} \text{Grid 9})$	12		ball_tree
$P(\text{Grid 8} \text{Grid 9})$	13		brute

การทดสอบประสิทธิภาพของแบบจำลอง ด้วยชุดข้อมูลใหม่

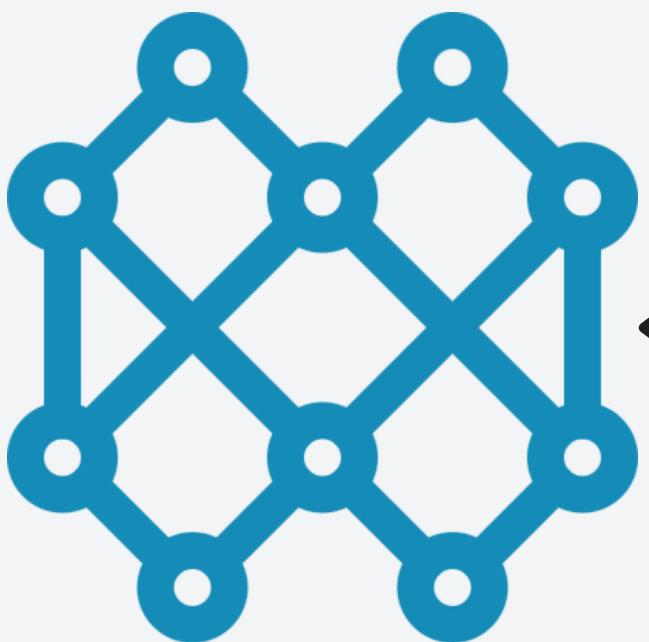


RMSE = 0.26 → 0.45

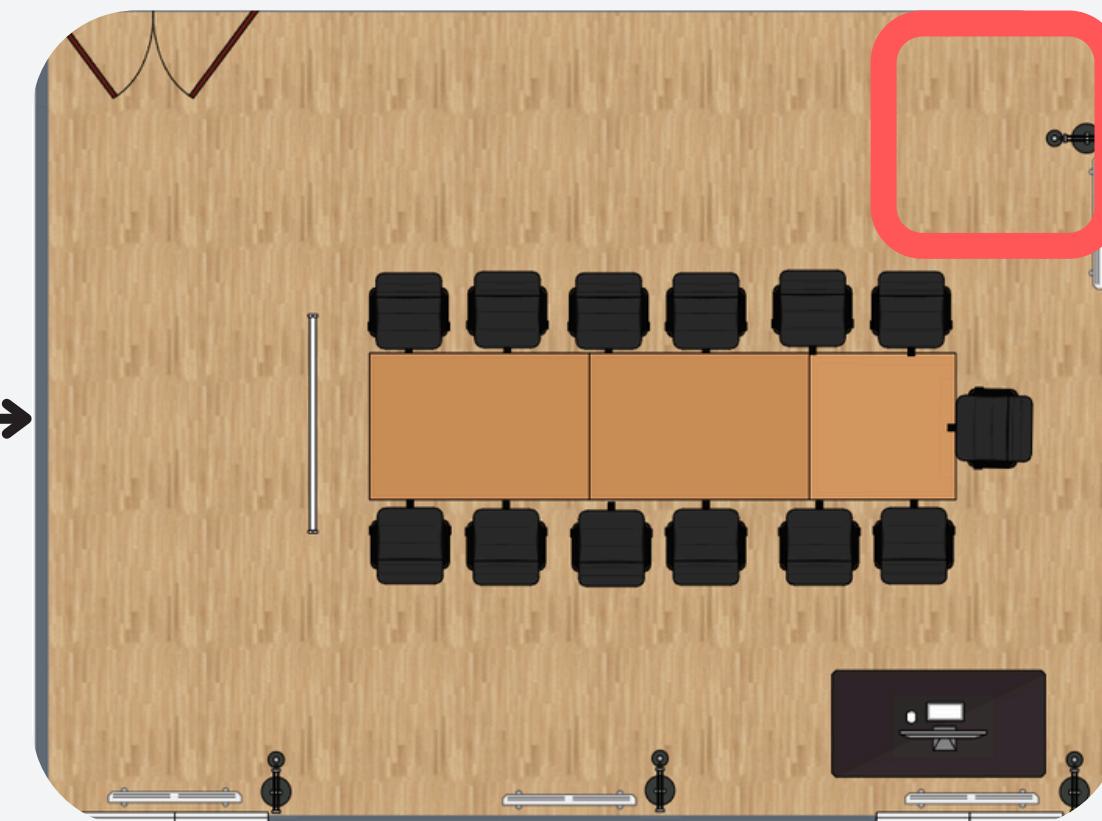
R2 = 99% → 97%

สรุปผลการประเมินแบบจำลอง

K-NN

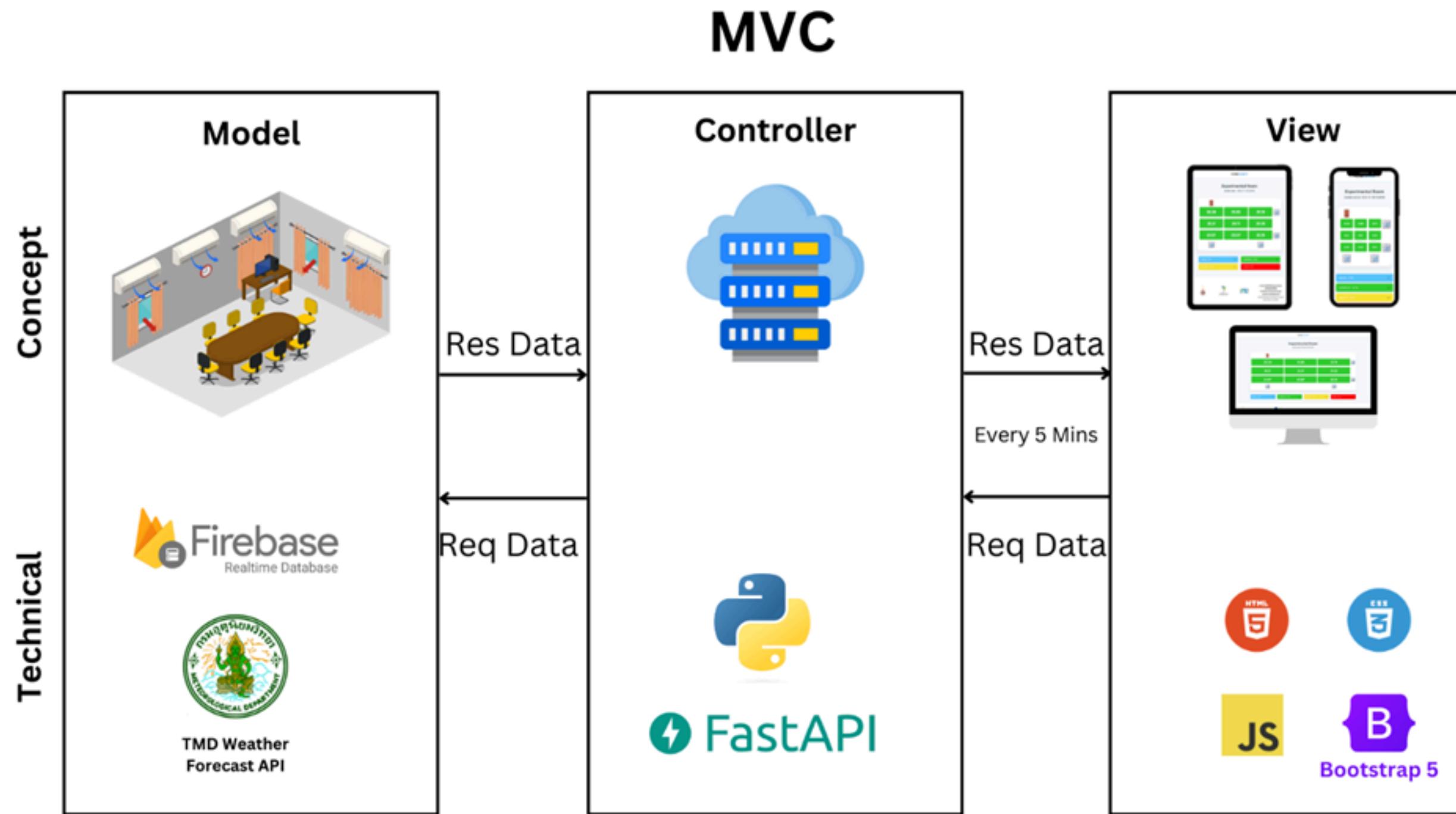


Grid9

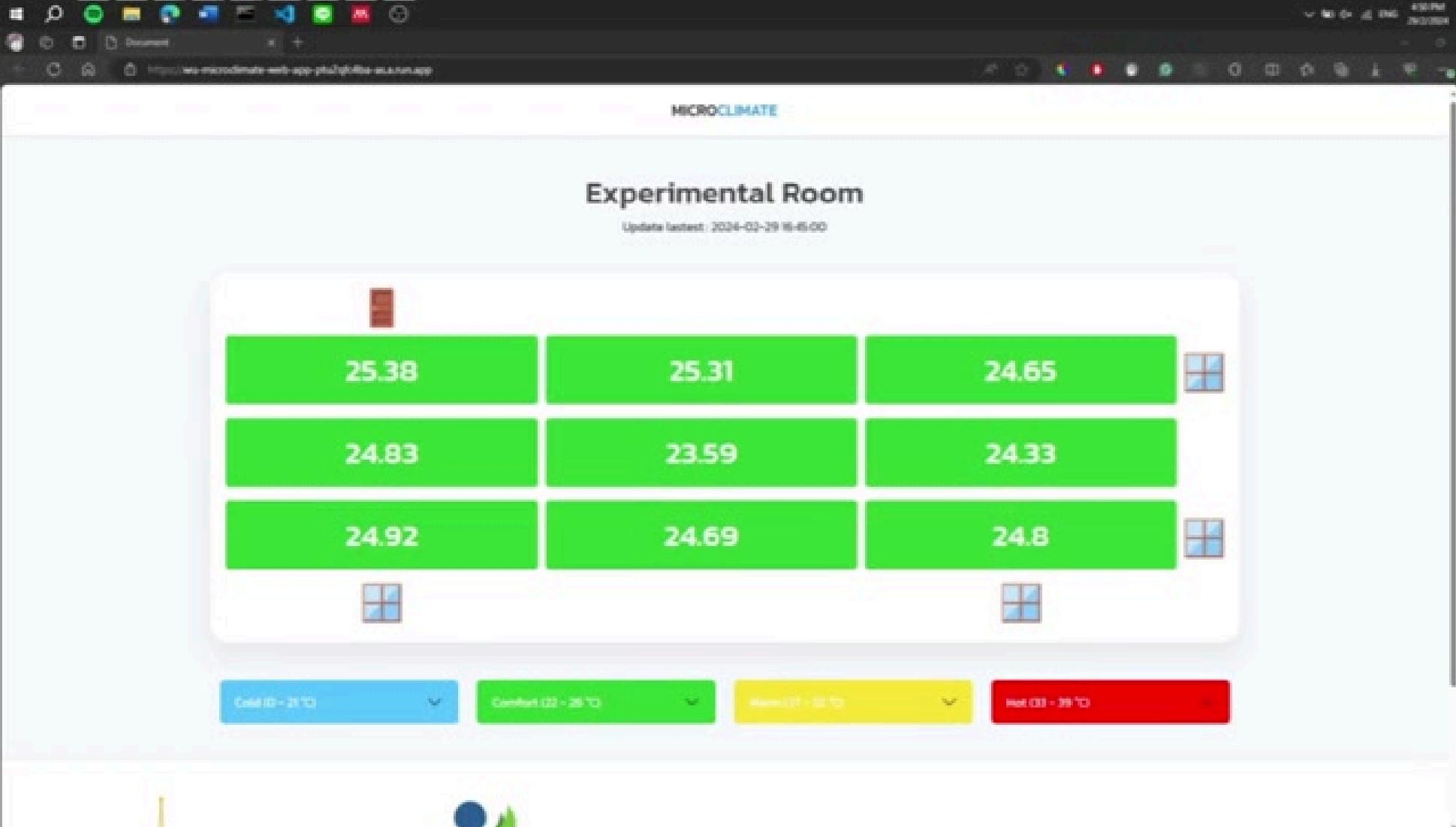


เหมาะสมต่อการนำไปประยุกต์ใช้งานจริงในระบบ

ສາມາປັດຍກຮຽມເວັບແອປພາີເຄຫຼານ

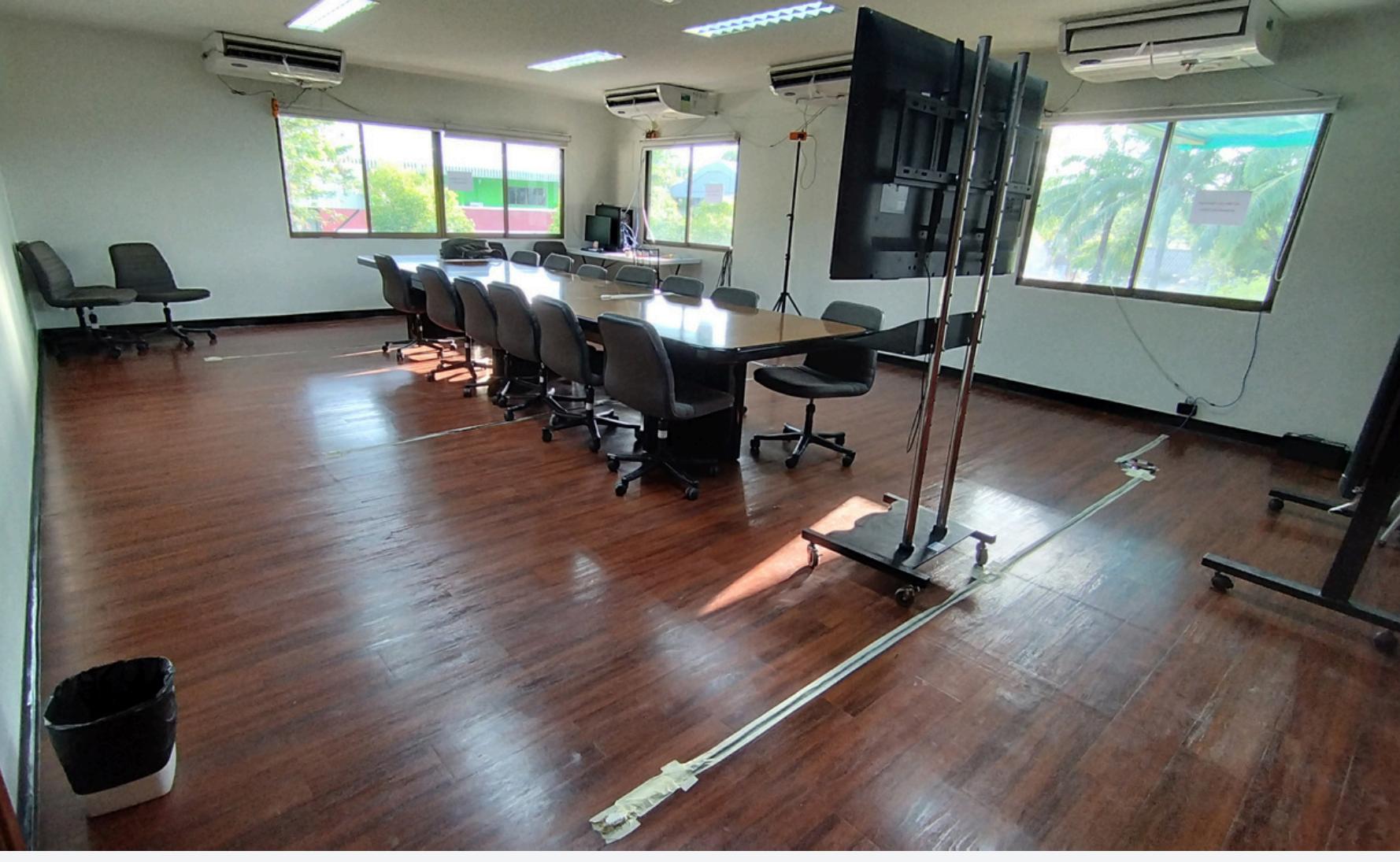


การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันในการแสดงผลข้อมูล



The screenshot shows a web browser window titled "MICROCLIMATE" displaying data for an "Experimental Room". The room has three temperature sensors with values 25.38, 25.31, and 24.65. Below the sensors are four buttons: "Cold (0 - 21 °C)", "Comfort (23 - 26 °C)", "Warm (27 - 30 °C)", and "Hot (31 - 39 °C)". To the right of the browser is a terminal window showing log messages from February 29, 2024, at 16:46:02. The log includes timestamped data points, an outdoor heat index, indoor heat index, predicted values for a grid, and an INFO message about a GET request.

Date	Time	Message
2024-02-29	16:46:02	Latest timestamp: 2024-02-29 16:45
2024-02-29	16:46:02	58.8 24.6 0 0 1 0
2024-02-29	16:46:02	Outdoor Heat Index = 32.65
2024-02-29	16:46:02	Indoor Heat Index = 24.65
2024-02-29	16:46:02	Grid 9 Predicted 1 = [24.92326422]
2024-02-29	16:46:02	Grid 9 Predicted 2 = [24.83392584]
2024-02-29	16:46:02	Grid 9 Predicted 3 = [25.3768408]
2024-02-29	16:46:02	Grid 9 Predicted 4 = [24.69318356]
2024-02-29	16:46:02	Grid 9 Predicted 5 = [23.59362181]
2024-02-29	16:46:02	Grid 9 Predicted 6 = [25.30659934]
2024-02-29	16:46:02	Grid 9 Predicted 7 = [24.80081119]
2024-02-29	16:46:02	Grid 9 Predicted 8 = [24.32959947]
2024-02-29	16:46:02	INFO: 172.17.0.1:35594 - "GET /"



MICROCLIMATE

Experimental Room
Update lastest : 2024-01-30 16:40:00

26.28	25.85	25.19
25.21	24.71	25.33
24.97	25.07	25.16

Cold (0 - 21 °C) Comfort (22 - 26 °C) Warm (27 - 32 °C) Hot (33 - 39 °C)

สรุปผลการดำเนินงาน

- ได้อุปกรณ์ในการติดตามและประเมินคุณภาพอากาศเชิงพื้นที่ที่ส่งผลต่อสภาวะสหภัยในอาคาร โดยสามารถประเมินคุณภาพอากาศเชิงพื้นที่ที่สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมจริงในอาคาร
- ได้แบบจำลองแมชชีนเลิร์นนิ่งที่สามารถประเมินคุณภาพอากาศเชิงพื้นที่ภายในอาคารที่มีสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย เช่น อุณหภูมิและความชื้นทั้งภายในและภายนอกอาคาร
- ได้ข้อสรุปว่า แบบจำลองแมชชีนเลิร์นนิ่งที่สามารถใช้ในการประเมินคุณภาพอากาศเชิงพื้นที่ที่มีสภาพแวดล้อมที่หลากหลายในอาคาร

ວ່າງອົງ

Basic factors for thermal comfort - SAMS. (n.d.). Retrieved December 17, 2023, from <https://www.samsltd.co.uk/basic-factors-for-thermal-comfort/>

Brik, B., Esseghir, M., Merghem-Boulahia, L., & Hentati, A. (2022). Providing Convenient Indoor Thermal Comfort in Real-Time Based on Energy-Efficiency IoT Network[†]. *Energies*, 15(3). <https://doi.org/10.3390/en15030808>

Brik, B., Esseghir, M., Merghem-Boulahia, L., & Snoussi, H. (2021). An IoT-based deep learning approach to analyse indoor thermal comfort of disabled people. *Building and Environment*, 203, 108056. <https://doi.org/10.1016/J.BUILENV.2021.108056>

Du, X., Bokel, R., & van den Dobbelaer, A. (2016). Architectural spatial design strategies for summer microclimate control in buildings: A comparative case study of Chinese vernacular and modern houses. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 15(2). <https://doi.org/10.3130/jaabe.15.327>

Gong, P., Cai, Y., Zhou, Z., Zhang, C., Chen, B., & Sharples, S. (2022). Investigating spatial impact on indoor personal thermal comfort. *Journal of Building Engineering*, 45, 103536. <https://doi.org/10.1016/J.JBEM.2021.103536>

ວ້າງອົງ (ຕ່ວ)

Liashchynskyi, P., & Liashchynskyi, P. (2019). Grid Search, Random Search, Genetic Algorithm: A Big Comparison for NAS.

Liu, Y., Xu, H., Zheng, P., Lin, B., Wu, H., Huang, Y., & Li, Z. (2021). Thermal preference prediction based on occupants' adaptive behavior in indoor environments- A study of an air-conditioned multi-occupancy office in China. Building and Environment, 206, 108355. <https://doi.org/10.1016/J.BUILDENV.2021.108355>

Pan, L., Zheng, H., & Li, T. (2023). Effects of the indoor environment on EEG and thermal comfort assessment in males. Building and Environment, 228, 109761. <https://doi.org/10.1016/J.BUILDENV.2022.109761>

Xiong, L., & Yao, Y. (2021). Study on an adaptive thermal comfort model with K-nearest-neighbors (KNN) algorithm. Building and Environment, 202, 108026. <https://doi.org/10.1016/J.BUILDENV.2021.108026>

Diffey, B. (2018). Time and place as modifiers of personal UV exposure. International Journal of Environmental Research and Public Health, 15(6), 1112. <https://doi.org/10.3390/ijerph15061112>

รายละเอียด การดำเนินงาน	ระยะเวลาการดำเนินงาน 2566 - 2567									
	เทอม 1			เทอม 2				เทอม 3		
	ม.ย	ก.ค	ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ม.ค	ก.พ	มี.ค
1. ศึกษาปัญหา										
2. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง										
3. วิเคราะห์และออกแบบระบบ										
4. ประเมินประสิทธิภาพ										
5. สรุปผลการดำเนินงาน										

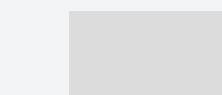
หมายเหตุ :



เสริมสืบ



กำลังดำเนินการ

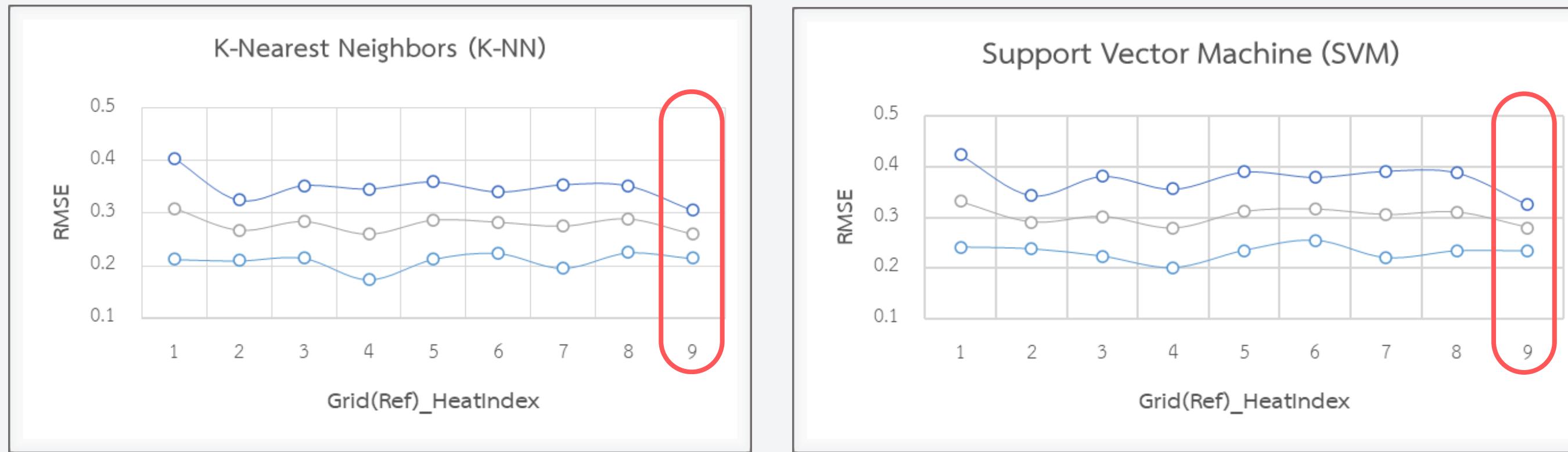


ดำเนินงานในอนาคต

Q & A

การประเมินประสิทธิภาพการคำนายของแบบจำลอง

Maximum Mean Minimum



จุดอ้างอิงที่ 9 ของ K-NN
มีการคำนายนี้ความร้อน^{ประเมินโดยเฉลี่ยน้อยที่สุดที่ 0.26}

