



Chula-SSS: Developmental Framework for Signal Actuated Logics on SUMO Platform in Over-saturated Sathorn Road Network Scenario

Associate Professor Chaodit Aswakul, PhD DIC MIEEE

Wireless Network and Future Internet Research Unit
Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering
Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand

**Coauthors: Sorawee Watarakitpaisarn, Patrachart Komolkiti,
Chonti Krisanachantara, and Kittiphan Techakittiroj**

SUMO User Conference 2018 (14-16 May 2018, Berlin, Germany)

Outline

- Bangkok facts : **2 problems 3 needs 1 solution**
- Chula-SSS : **ideation -> implementation**
- **Validity : calibrated SUMO Sathorn dataset**
- **Remark : knowledge management Chula-SSS role**

Bangkok (Thailand)



Bangkok (Thailand)

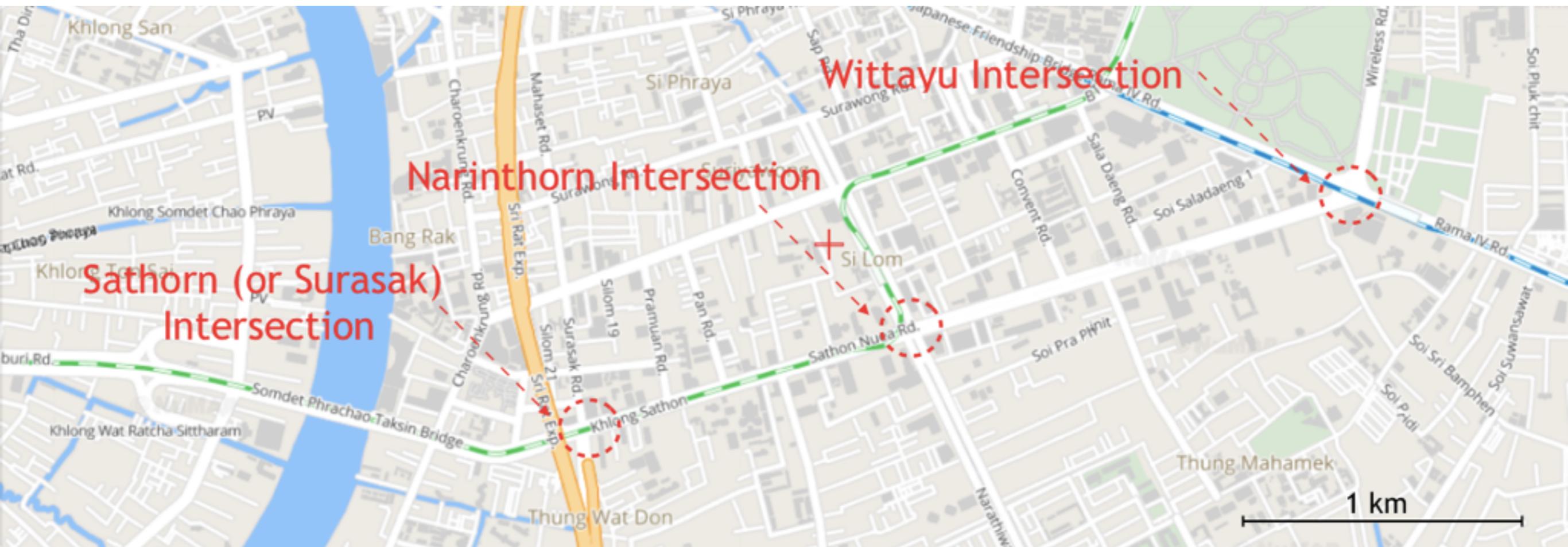
- Registered vehicles (Feb 2018)
4.8M cars + 0.2M buses + 3.7M motorcycles = 9.7M vehicles
- Bangkok area: **1,569 squared-km (~ 50 EW-km x 30 NS-km)**
- Estimated Bangkok metropolitan area **population 16M**
(National Statistics Office: 2017)
- Tomtom traffic index (March 2016):
 - Bangkok is the **most congested city in Asia** and **2nd most congested city globally**
 - Extra travel time 64 min. / daily commute

Sathorn

- Traffic statistics 2015. Technical report of BMA

In Bangkok, Sathorn is most congested district

- *High-rise buildings*
- *Only half of road serviceable by Sky train and subway*
- *East-west arterial gateway across Chao Phraya River*
- *Challenges: over-saturation, bottlenecks, deadlocks*
 - *~ 150,000 cars every weekday on Sathorn Road*
 - *~ 55,000 cars in morning / evening rush hours*



Map of Sathorn Road Network



Sathorn road network

Sathorn Model Project (2015-2017)

- **Main Collaborators:**
 - *Chulalongkorn University*
 - *Toyota Thailand, Toyota R&D Lab (Japan)*
 - *Ministry of Transport*
 - *Bangkok Metropolitan Administration*
 - *Metropolitan Police Bureau*
- **Support by Toyota Mobility Foundation in Sustainable Mobility Project 2.0 of the World Business Council for Sustainable Development (WBCSD)**





Local traffic control room at Sathorn Intersection.



Local traffic control room at Sathorn Intersection.



Local traffic control room at Sathorn Intersection.

2 Discovered Problems

- ♦ *Traffic jam complexities unresolvable by automatic model-based traffic light adjustment*
- ♦ *Human-operated method subject to occasional errors due to limitation on area coordination and lack of real-time traffic condition data*

3 Needs

- ♦ *Need for sensors to facilitate informed and better traffic signal operations*
- ♦ *Need for logics to use real-time sensor data in traffic light operations*
- ♦ *Many plausible logics and testing all logics is too risky with actual road network*

1 Solution

Traffic-signal-sensor simulator tool

allows traffic engineers and traffic police

to experiment and to select

best sensor-based traffic light operation logics

**From academic principle
To practical deployment**

Demanding A LOT OF TEAM EFFORTS

Dialogue with stakeholders

Meeting with police



Meeting with MOT



Meeting with BMA



Meeting with School



Collect citizen voice

Collecting voice of citizen on bottleneck mitigation idea

Collecting opinions from citizen by survey
at gas stations and online questionnaire etc.

คุณต้องการทราบความคิดเห็นของผู้คน
ในเรื่องนี้

คุณต้องการทราบความคิดเห็นของผู้คน
ในเรื่องนี้

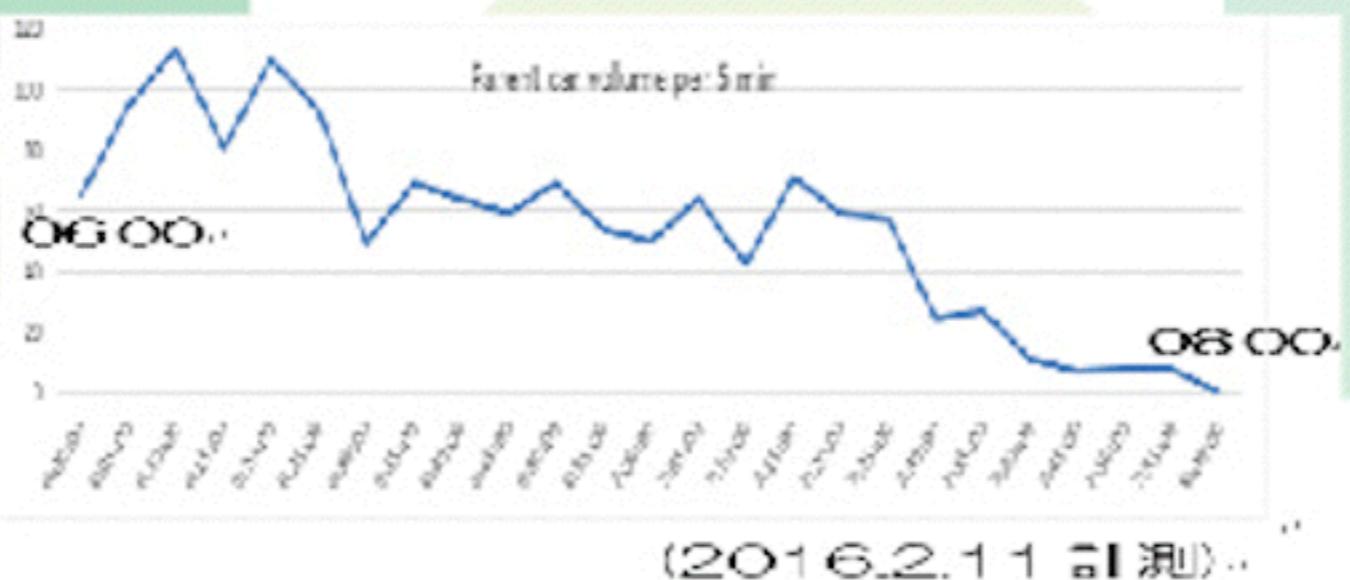
Description	Yes	No	Don't know	Don't care	Don't answer
1. ควรแก้ไข	0	0	0	0	0
2. ไม่	0	0	0	0	0
3. ไม่แน่นอน	0	0	0	0	0
4. ไม่รู้	0	0	0	0	0
5. ไม่สนใจ	0	0	0	0	0
6. ไม่เข้าใจ	0	0	0	0	0
7. ไม่ตอบ	0	0	0	0	0

TEAM EFFORTS

Investigation



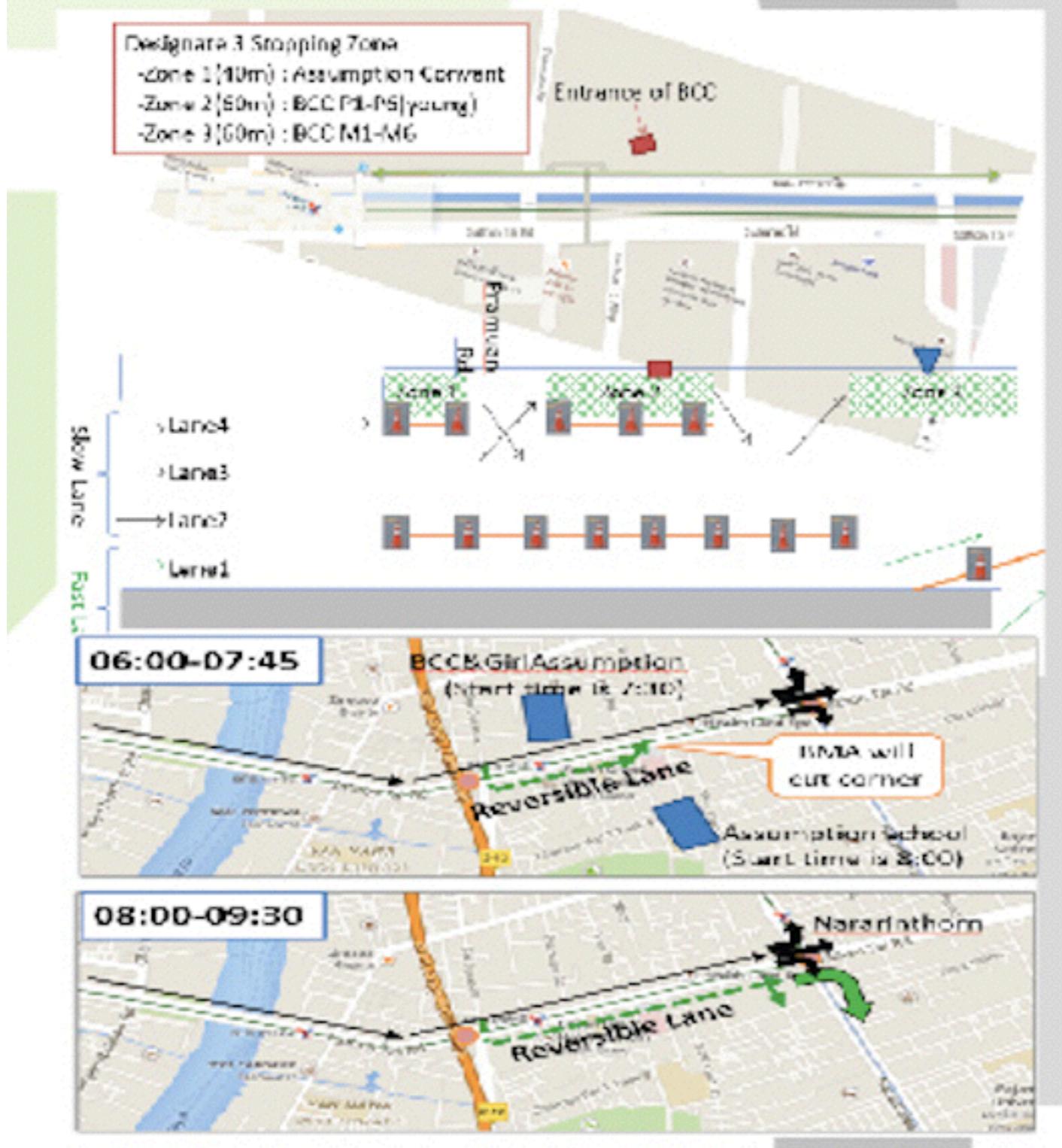
No. of cars stopped at BCC
1,348 cars stopped to drop kids.



TEAM
EFFORTS

Plan measures

Kiss & Go zoning & Reversible Lane



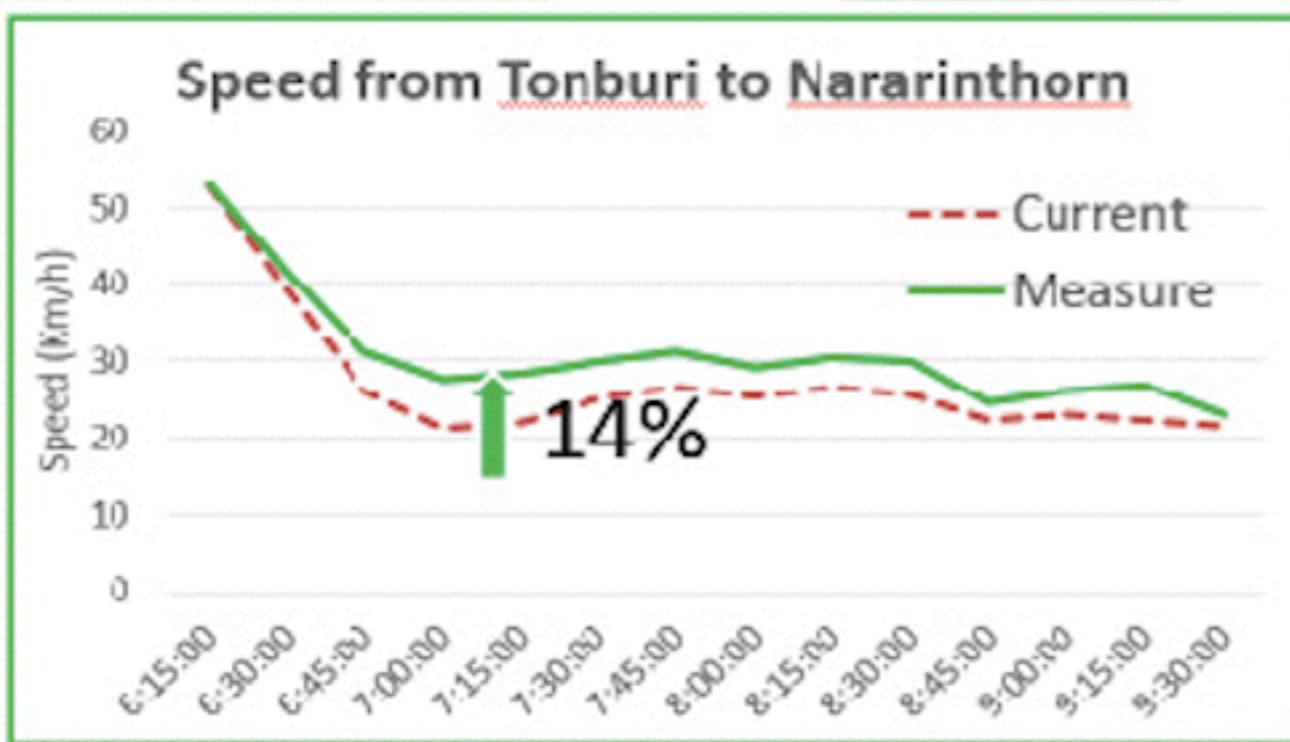
**TEAM
EFFORTS**

Simulate effects

Run traffic simulation model to simulate effects.



TEAM
EFFORTS



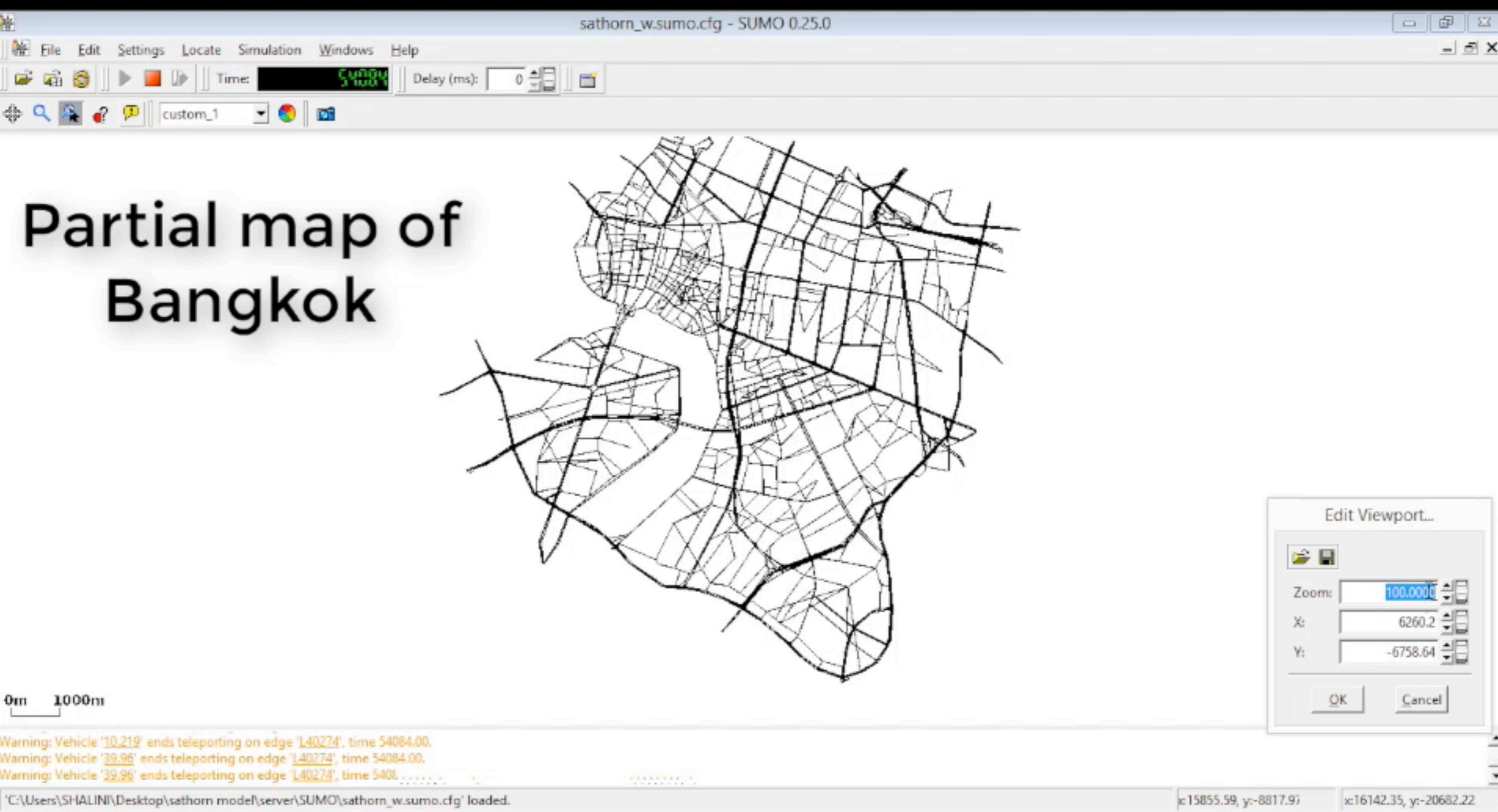
Why SUMO?

- ♦ *Open-sourced microscopic simulator - nice community*
- ♦ *Three types of real-time sensors available in SUMO*
 - ♦ *point-based sensors (loop detector)*
 - ♦ *area-based sensors (CCTV + image processing)*
 - ♦ *entries-exits based sensors (bluetooth sensor)*
- ♦ *Open SUMO interface (**TRACI**) for real-time operation of traffic light signals & real-time sensor readings*



CHULA ΣENGINEERING
Foundation toward Innovation

Chula-Sathorn SUMO Simulator (Chula-SSS)

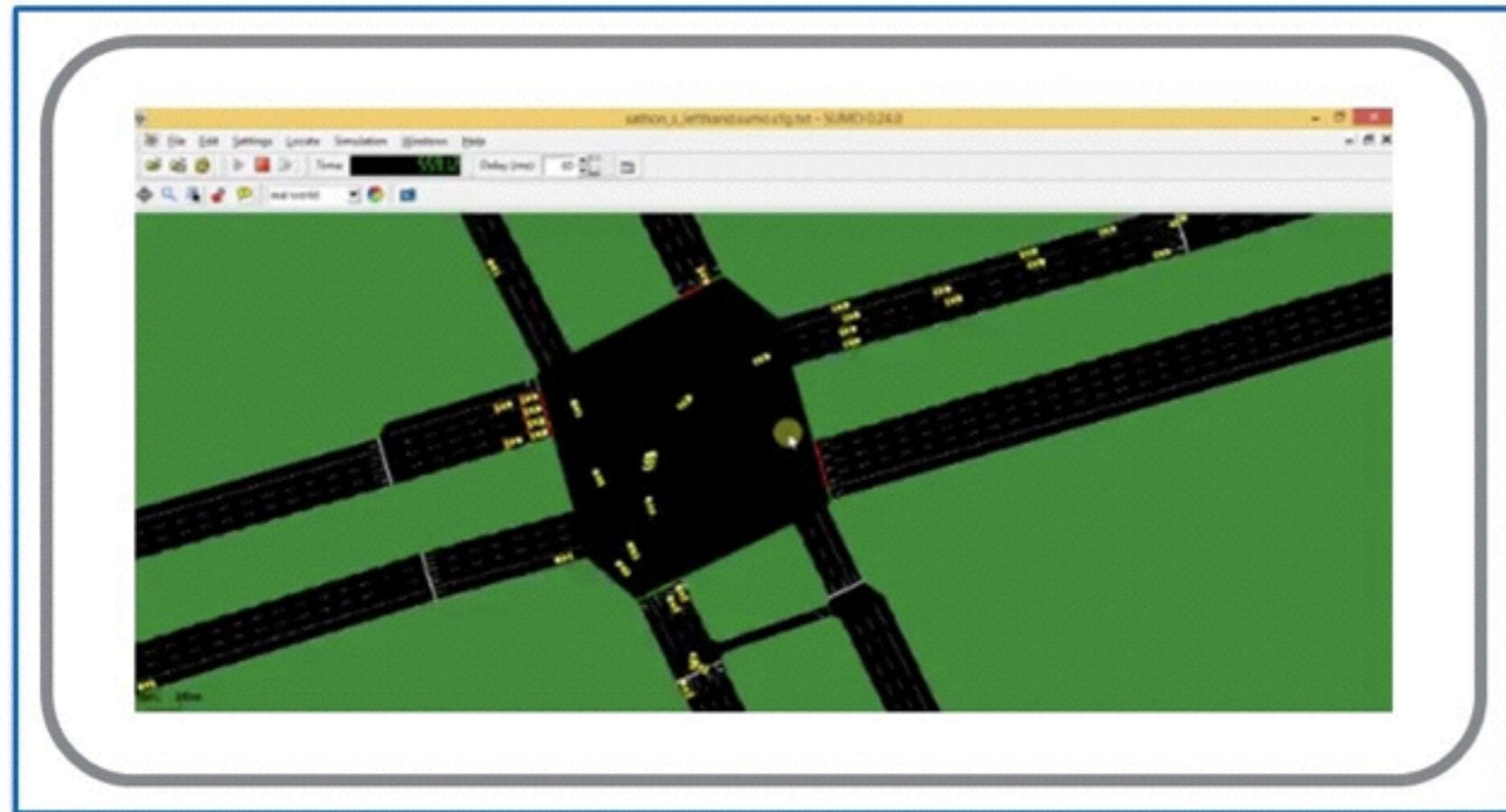


Sathorn Road Network in SUMO



Chula-SSS exhibition at Empire Tower building during social experiment of Sathorn Model project.

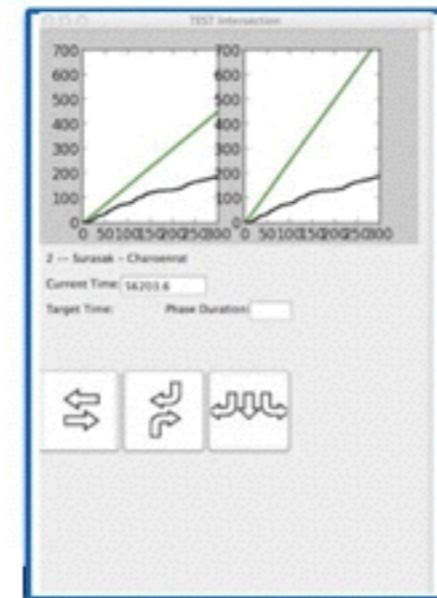
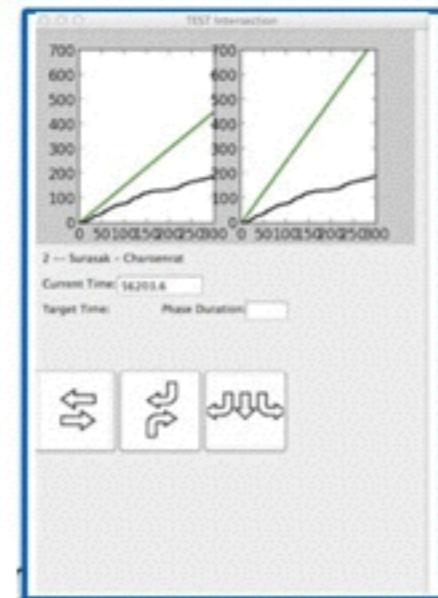
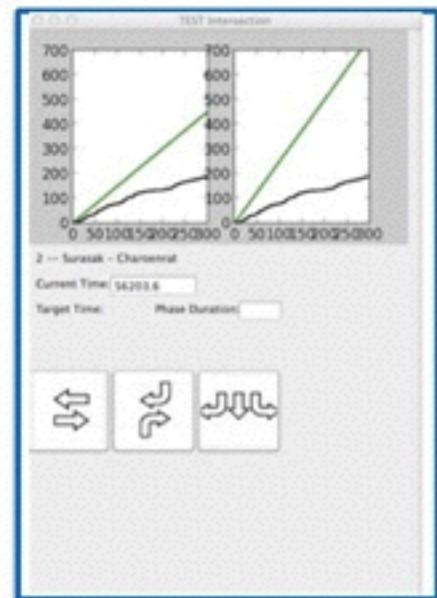
(2) Full-HD Big TV Screen



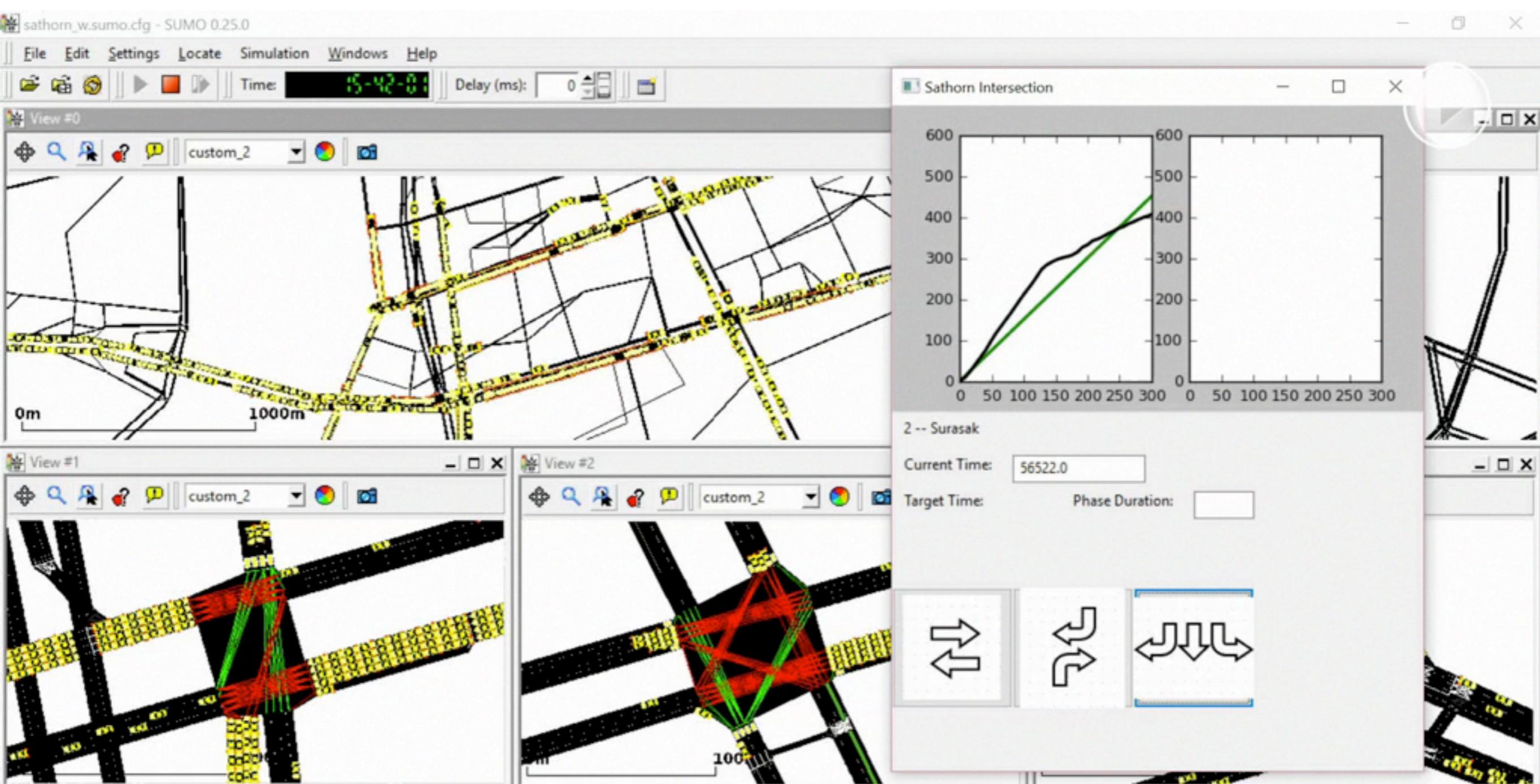
(1) Computer

SUMO-GUI
Server

(3) Windows Tablets



WiFi-LAN
*Chula-SSS layout
of equipment
settings*



Chula-SSS Ideation-Phase Demo

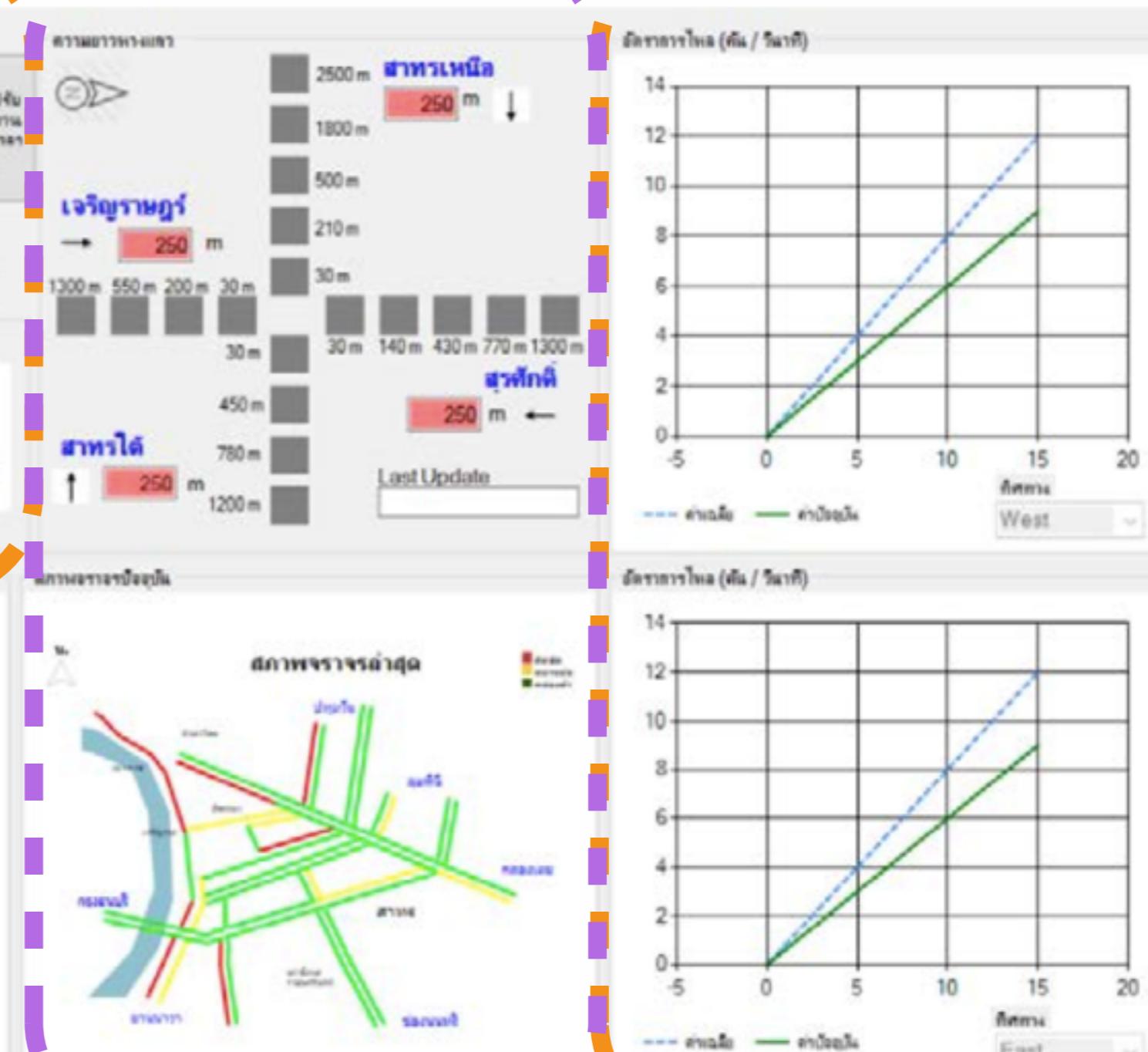
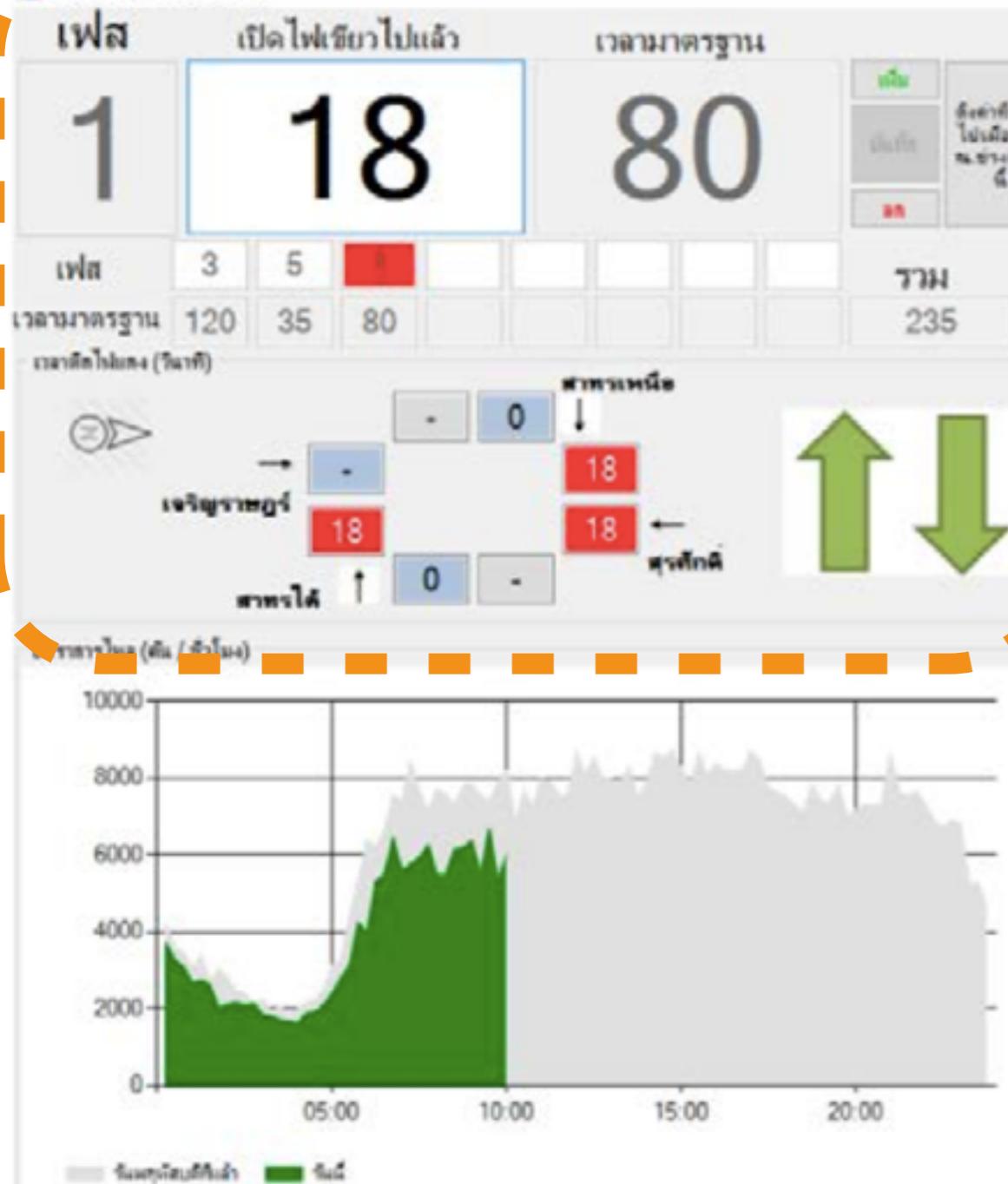


Local traffic control display at Sathorn Intersection

CHULA ΣENGINEERING

Chula-SSS CLIENT

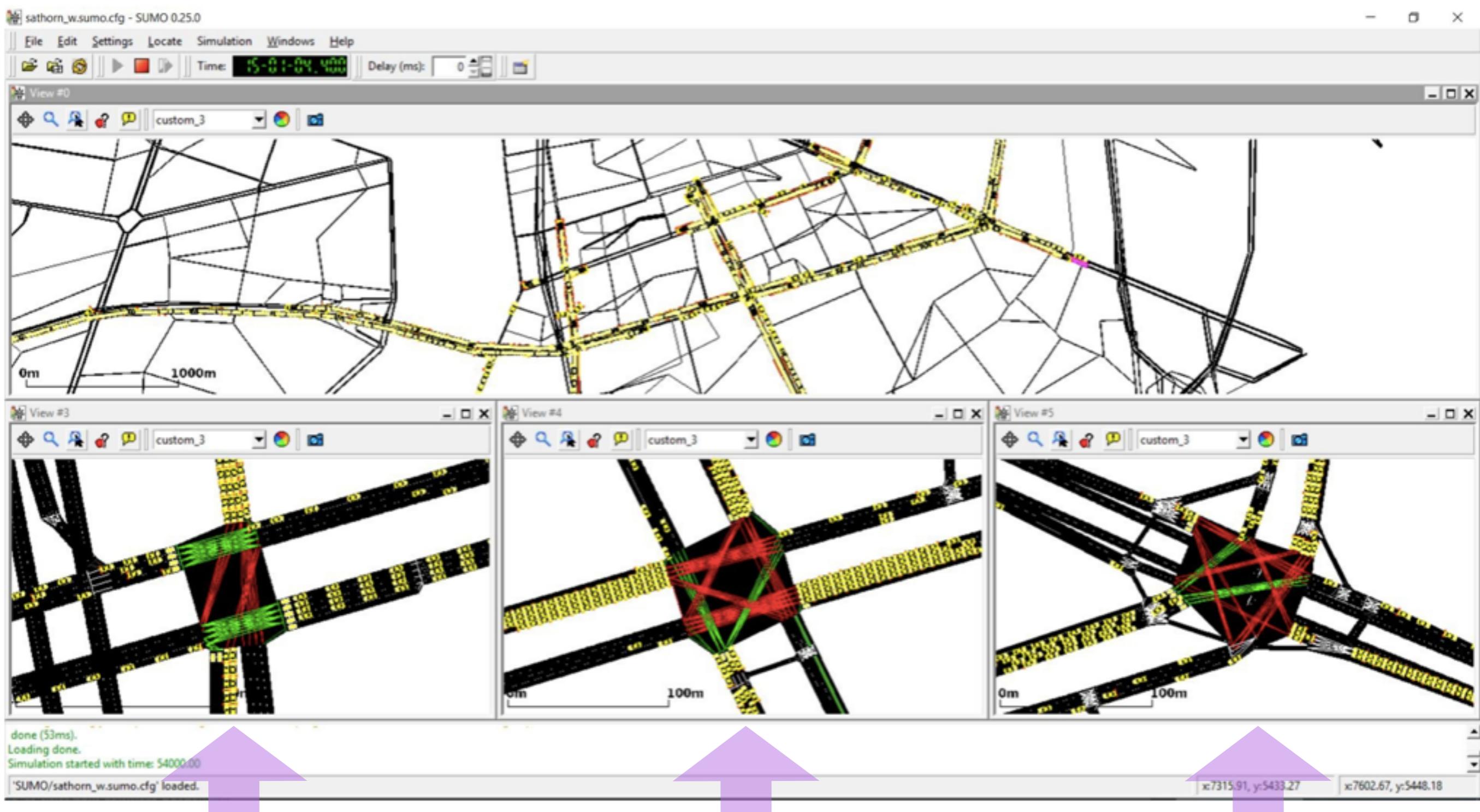
WBCSD I/F Software 3.2



Chula-SSS SERVER

Chula-SSS CLIENT

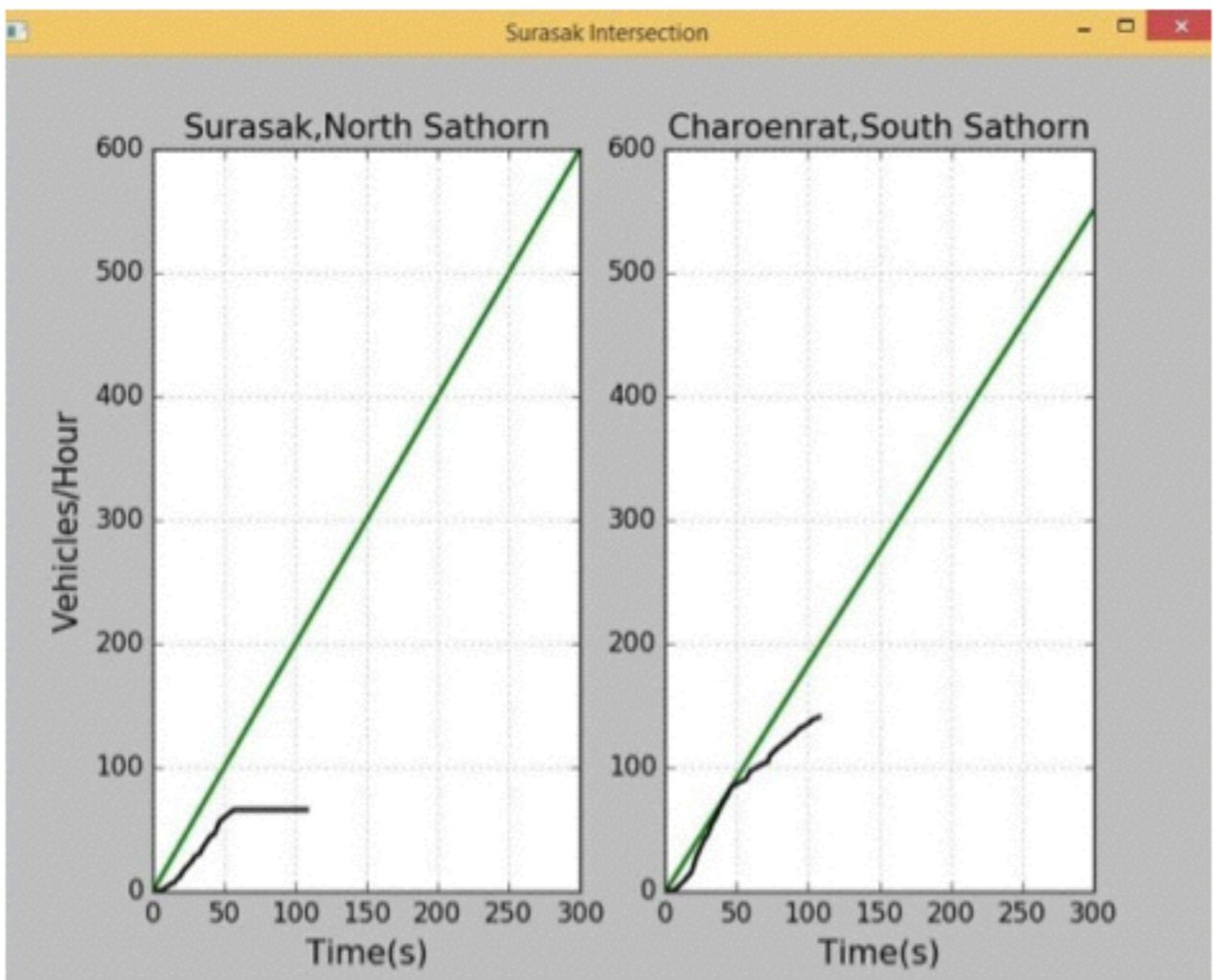
Chula-SSS server display of overall Sathorn Road network



**Sathorn or Surasak
Intersection**

**Narinthorn
Intersection**

**Wittayu
Intersection**



Real-Time Plot of Vehicle Flow Rates (in Black Coloured Curves) Measured By Induction Loop Detectors for Both Permissible Flow Directions of Current Signal Phase and Saturation Flow Rates (in Green Coloured Lines) from Past Statistics

Current Signal Phase

Current Time

Target Green Time

Current Green Time

เฟสปัจจุบัน : 0 -- North Sathorn - South Sathorn

เวลาปัจจุบัน : 15:7:56

ระยะเวลาเพ้าหมายไฟเขียว (วินาที) : 117

ระยะเวลาของเฟสปัจจุบัน (วินาที) : 120.8



Click Buttons for Signal Phase Selection

**Chula-SSS client window
at Sathorn Intersection.**

Chula-SSS: Tool Immediate Benefits

- Traffic police / engineers have an open & efficient simulator tool for Sathorn road network area
- Traffic-signal-sensor simulator tool users see traffic jams in bird-eye, whole-area picture & real-time simulated sensor readings, which help standardise traffic signal light operation logics



Validation of Chula-SSS Framework



Calibrated Datasets of Sathorn Road Network

Traffic Data Collections

*Camera at
50 main
intersections
(10 directly
in Sathorn)*



Volume + Queue Length

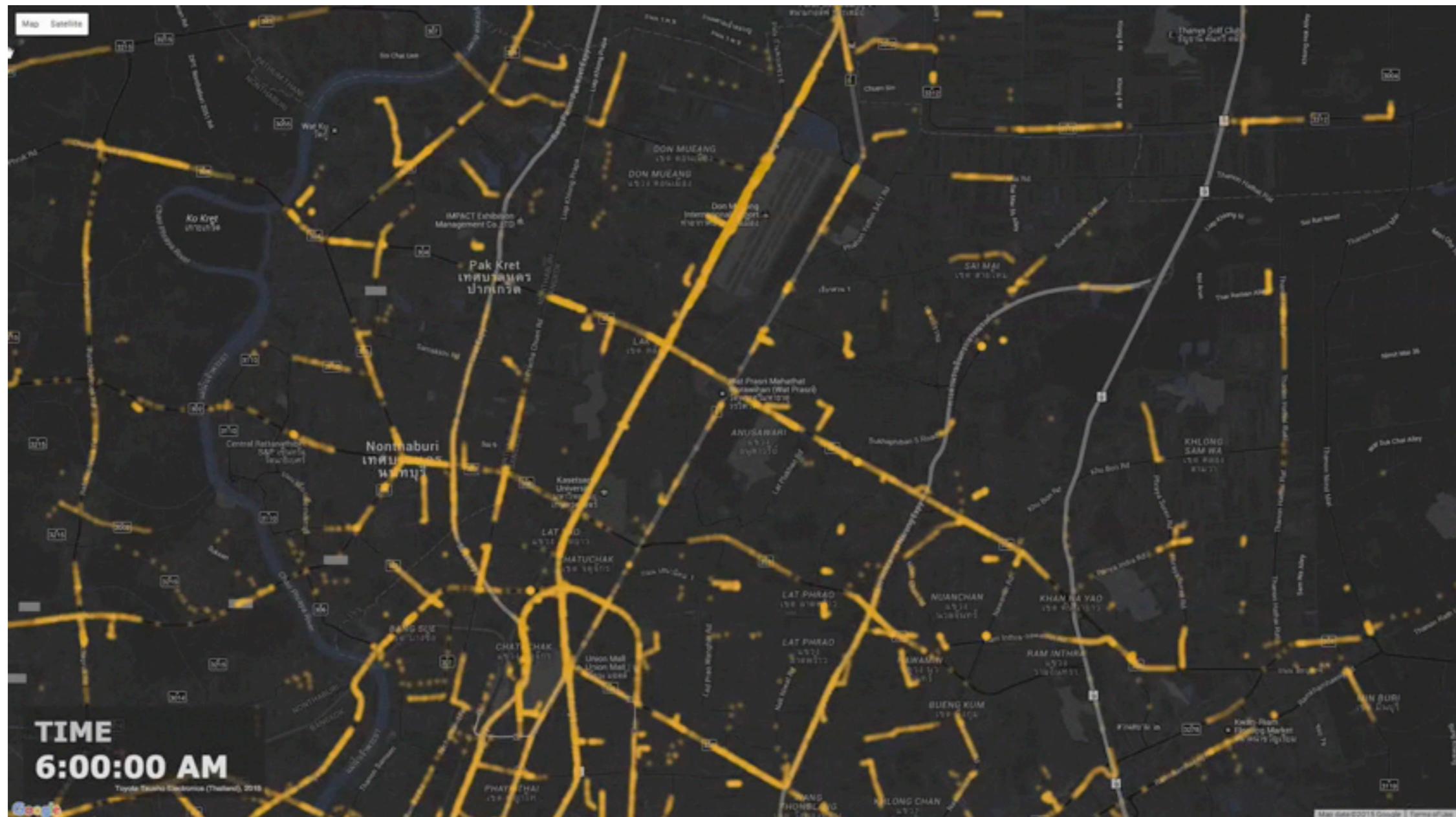


*Manual + automatic
traffic light signal
timings at
all Intersections*

No	Date	Time	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4
1	5/23/16	5:22:36	96	0	35	0
2	5/23/16	5:25:22	93	0	30	0
3	5/23/16	5:27:59	153	0	29	0
4	5/23/16	5:31:43	182	0	40	0
5	5/23/16	5:35:58	177	0	32	0
6	5/23/16	5:40:15	137	0	41	0
7	5/23/16	5:43:54	185	0	36	0
8	5/23/16	5:48:17	208	0	53	0
9	5/23/16	5:53:27	151	0	19	0
10	5/23/16	5:56:59	200	0	36	0
11	5/23/16	6:01:49	237	0	42	0
12	5/23/16	6:07:12	196	0	52	0
13	5/23/16	6:12:15	253	0	66	0
14	5/23/16	6:18:41	196	0	116	0
15	5/23/16	6:24:48	175	0	107	0
16	5/23/16	6:30:51	172	0	107	0

Traffic Data Collections

Freely running + controlled driving probed taxis



Speed and travel time

Feature comparison of Sathorn SUMO datasets and other standard datasets.

Dataset	Number of Vehicles	Simulation Time	Driving Direction
Cologne [14]	250 thousand	2 hours	right-handed
Bologna [1]	11 thousand	1 hour	right-handed
Luxembourg [3]	300 thousand	24 hours	right-handed
Sathorn (Morning)	55 thousand	3 hours (6-9 am)	left-handed
Sathorn (Evening)	55 thousand	4 hours (3-7pm)	left-handed

**2375 intersection nodes
4517 edges
10 main signalised intersections**

SUMO Parameters	Sathorn (Morning)	Sathorn (Evening)
Maximum Speed	12.5 m/s	12.5 m/s
Minimum Gap	2.37 m	2.37 m
σ	0.7	0.7
Acceleration	2 m/s ²	1.8 m/s ²
Deceleration	2.5 m/s ²	1.9 m/s ²
R^2 of link travel time sampled every 15-minute interval from SUMO vs actual data collection	0.72	0.81

From the linearised increasing slope in the fundamental diagram

SUMO Parameters	Sathorn (Morning)	Sathorn (Evening)
Maximum Speed	12.5 m/s	12.5 m/s
Minimum Gap	2.37 m	2.37 m
σ	0.7	0.7
Acceleration	2 m/s ²	1.8 m/s ²
Deceleration	2.5 m/s ²	1.9 m/s ²
R^2 of link travel time sampled every 15-minute interval from SUMO vs actual data collection	0.72	0.81

**Satellite image over Sathorn 1000-metre road segment
with 143 cars in severely jammed condition**

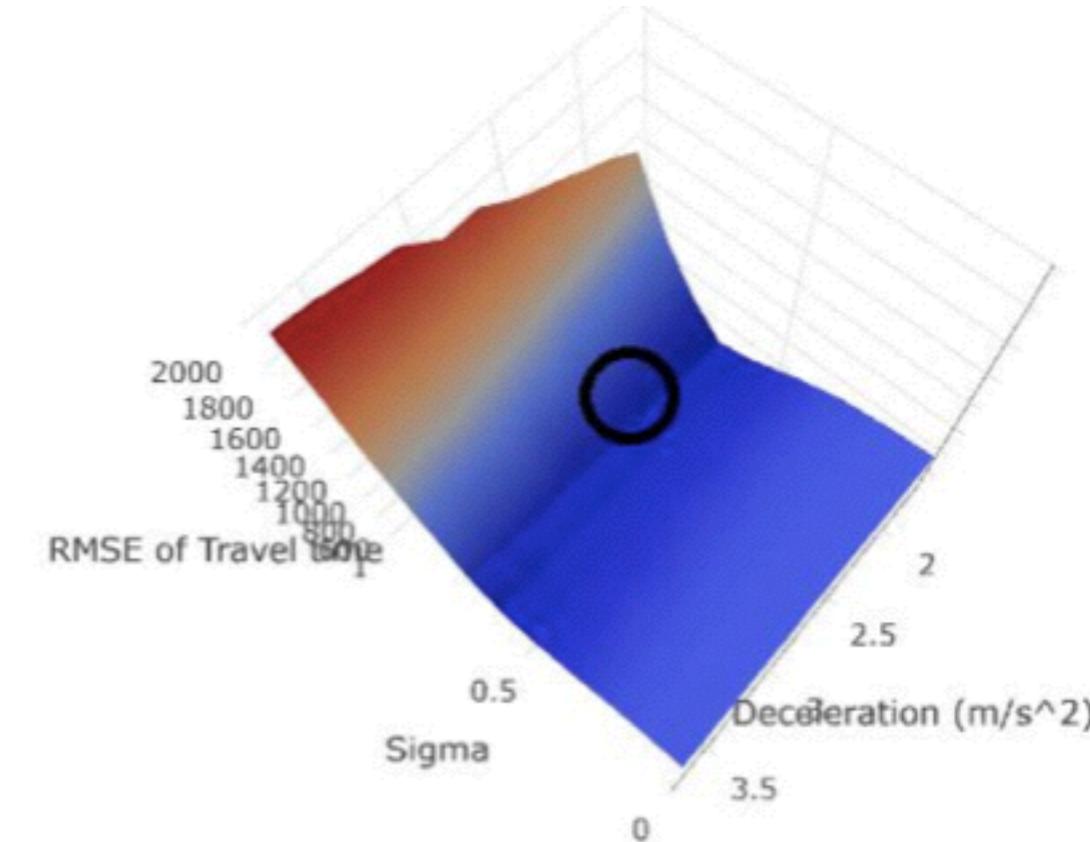
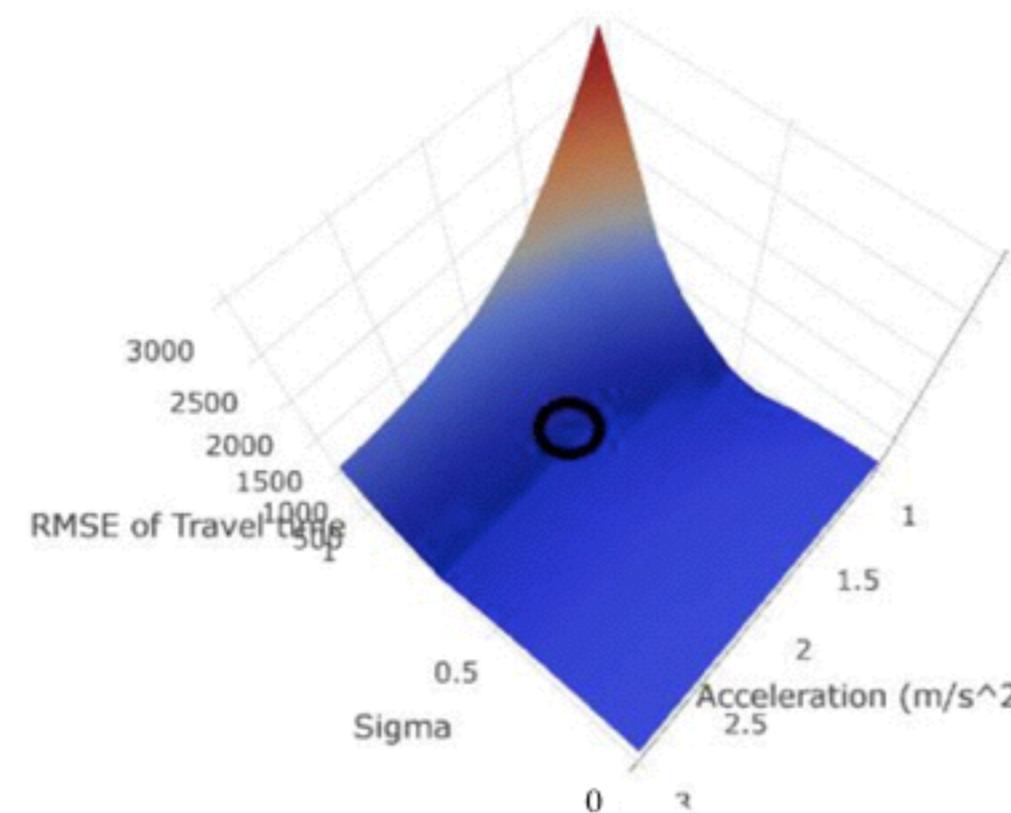
Toyota Corolla Altis with car length of 4.62 m

Minimum gap = $(1000 / 143) - 4.62 \text{ m} \sim 2.37 \text{ m}$

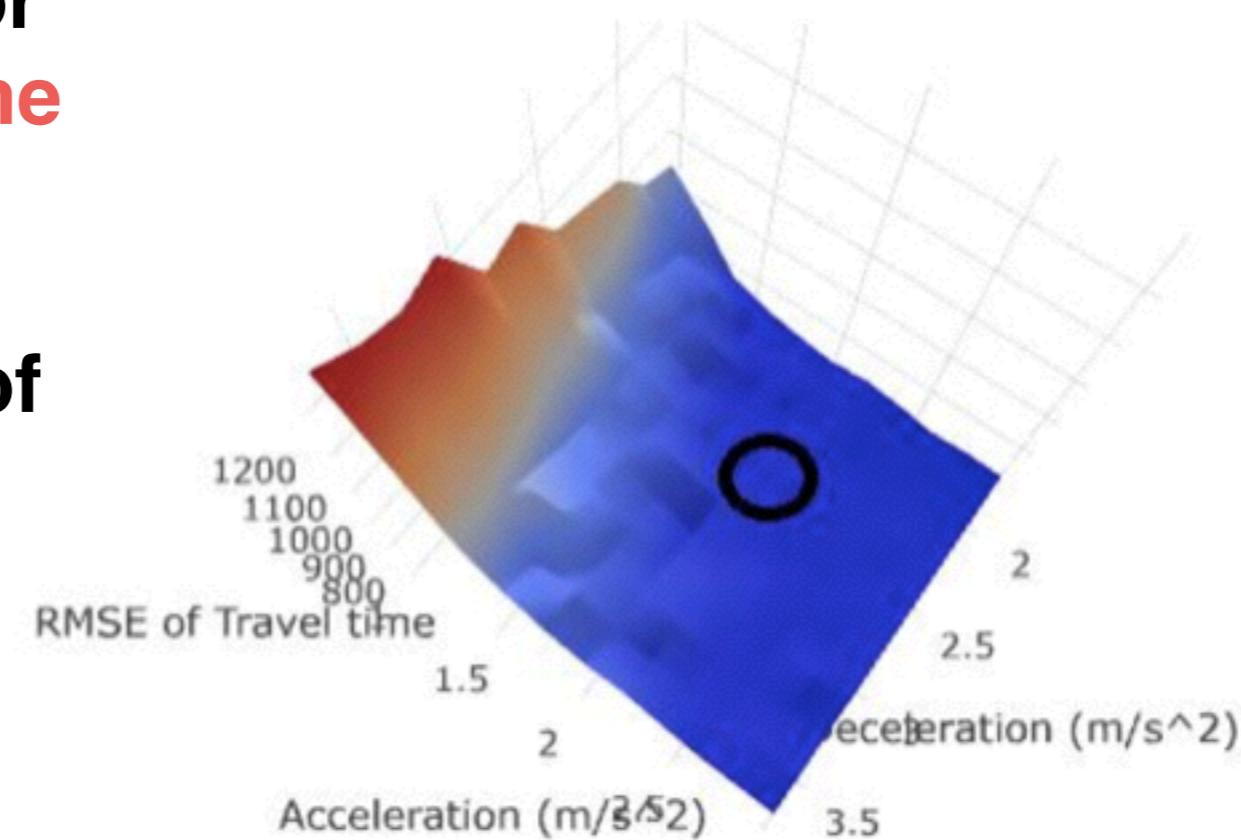
SUMO Parameters	Sathorn (Morning)	Sathorn (Evening)
Maximum Speed	12.5 m/s	12.5 m/s
Minimum Gap	2.37 m	2.37 m
σ	0.7	0.7
Acceleration	2 m/s ²	1.8 m/s ²
Deceleration	2.5 m/s ²	1.9 m/s ²
R^2 of link travel time sampled every 15-minute interval from SUMO vs actual data collection	0.72	0.81

SUMO Parameters	Sathorn (Morning)	Sathorn (Evening)
Maximum Speed	12.5 m/s	12.5 m/s
Minimum Gap	2.37 m	2.37 m
σ	0.7	0.7
Acceleration	2 m/s ²	1.8 m/s ²
Deceleration	2.5 m/s ²	1.9 m/s ²
R^2 of link travel time sampled every 15-minute interval from SUMO vs actual data collection	0.72	0.81

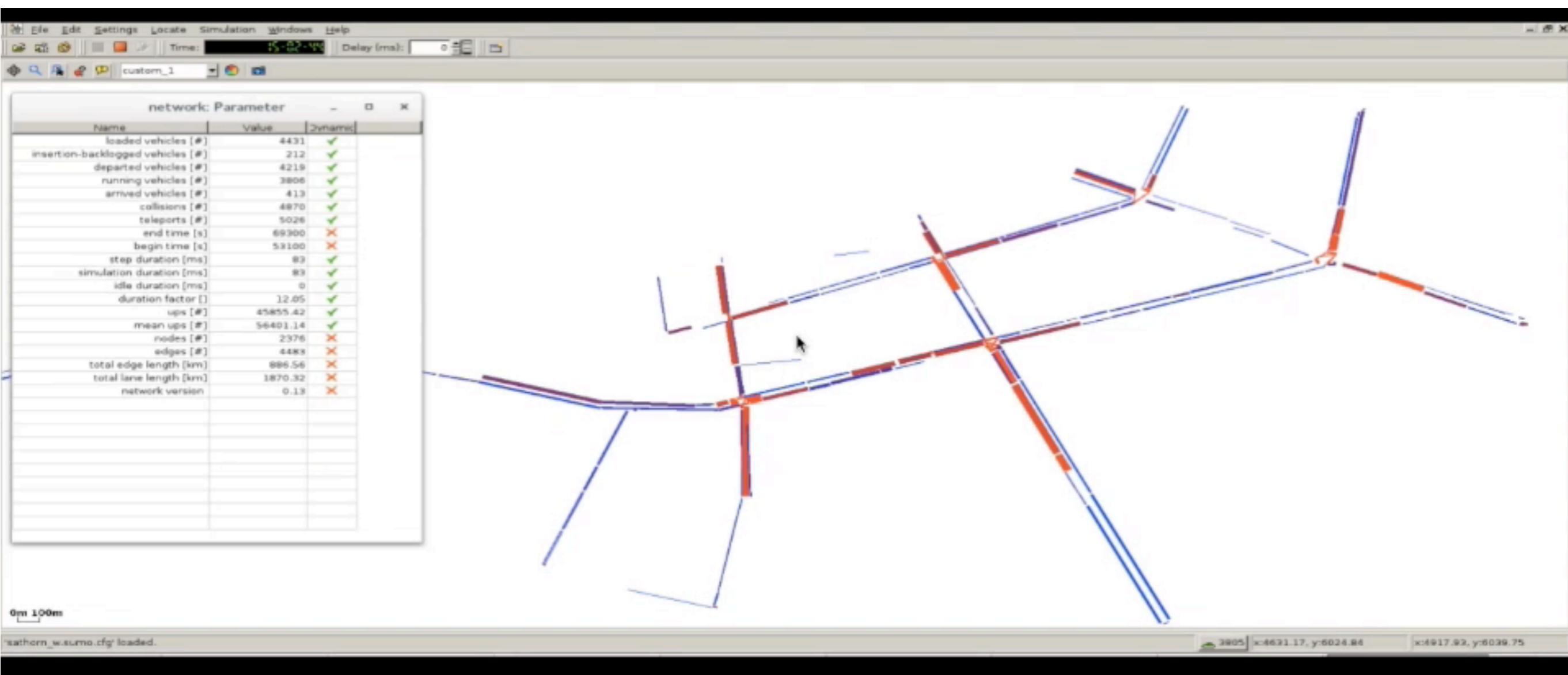
Found by minimising the summation, for all 12 main links, of RMSE between SUMO vs actual data collection values of link travel time sampled every 15-minute interval.



**Sensitivity analysis for
RMSE of link travel time**
vs
pairwise-varied
combinatorial values of
 σ , acceleration and
deceleration
(Sathorn morning
rush hour scenario)



SUMO Output of Sathorn Road Network, Bangkok, Thailand (Calibrated on Actual Traffics EVENING-PEAK 3-7PM) Coloured by Occupancy



***sumo-gui --time-to-teleport 300 --lanechange.allow-swap true
--no-internal-links true --ignore-junction-blocker 1 --random true***

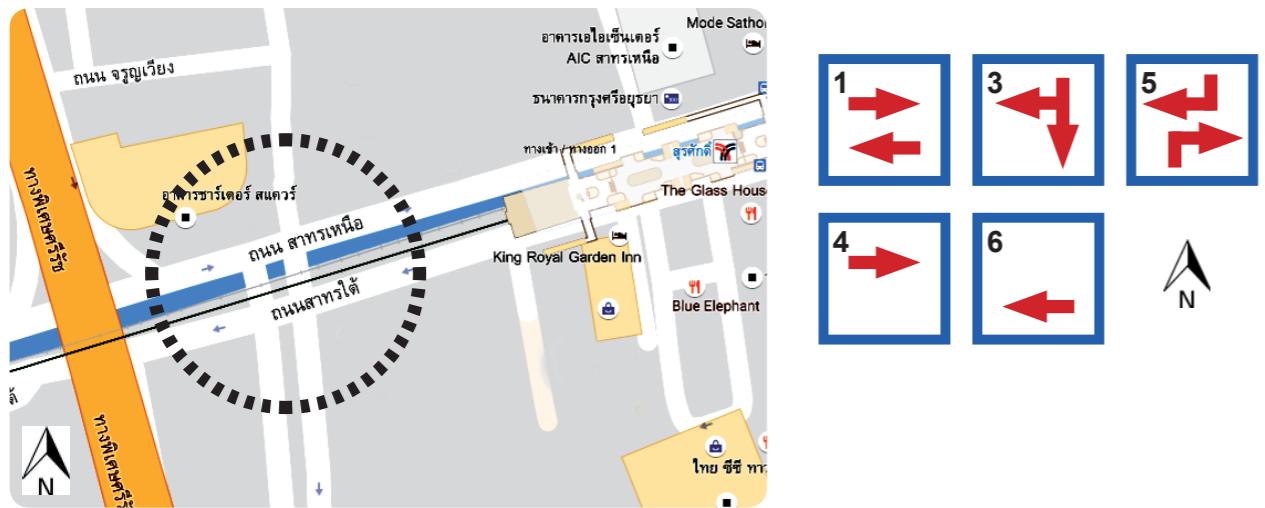


Chula-SSS in Sathorn Model Project's Social Experiment (Mon 6 - Sun 26 June 2016)



Chula-SSS workshop with traffic police and traffic engineers of Bangkok Metropolitan Administration.

ວິຊີ່ຄວບຄຸມສັລຸງລູານໄຟຈະຈາກ ແຍກສາທຣ (ເຮັ່ງດ່ວນເຫຼາ)



รูปแบบเพสมาตรฐาน 1-3-1-5

เปลี่ยนเพลส 1 ไป 3

- ห้างแควรของฝั่งสาทรเห็นอีสต์แบงก์สาทร
 - ห้างแควรของฝั่งสาทรใต้ อีสต์แบงก์สาทร
 - ห้างแควรของคริสตี้เยี่ยงถังประดุจผู้คนนประมวลญาของโกรงเรียน กรุงเทพคริสตี้เยี่ยนและอัลสัมชัญ
 - ห้างแควรของสูรศักดิ์ อีสต์แบงก์สูรศักดิ์
 - รถยนต์บนสะพานตากสิน 300 เมตรจากแบงก์สาทร (สังเกตจาก CCTV) เริ่มเคลื่อนตัว
 - ระยะทางมาได้ไฟเขียวในไฟส 1 เป็นเวลา 120-150 วินาที

เปลี่ยนเพลส 1 ไป 5

- ทางแคลวของศรีเวียงถึงประดุจ์กันนประมวลยุของโรงเรียนกรุงเทพคริสตเดียนและอัสสัมชัญ
 - ทางแคลวของเจริญราษฎร์yawเกินปี (สื่อสารกับตัวรวมด้วยวิทยุสื่อสารที่แยกได้ด่วนจันทน์)
 - ระยะเวลาเปิดไฟเขียวในเฟส 1 เป็นเวลา 120-150 วินที

เปลี่ยนเพลส 5 ไป 1

- ระยะเวลาเปิดไฟเขียวในรูปแบบที่ 5 เป็นเวลา 40-50 วินาที
 - ทางแควของเจริญราษฎร์ลดลงมากพอ (สื่อสารกับตำรวจด้วยวิทยุสื่อสารที่แยกได้ด่วนจันทน์)

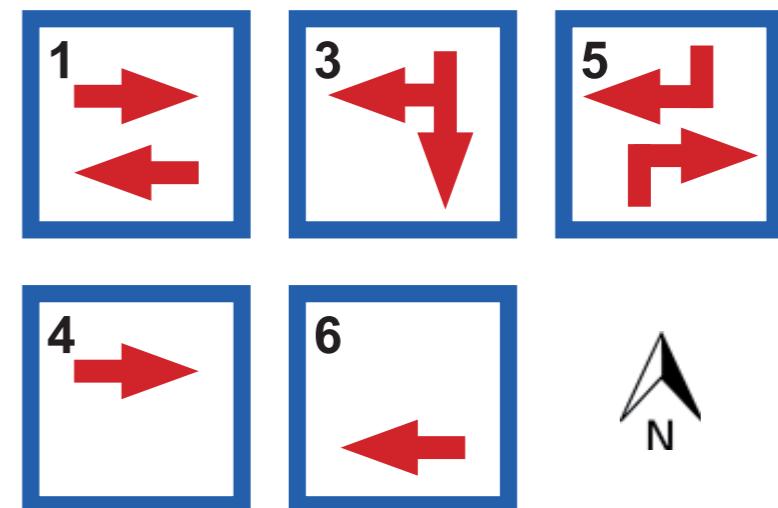
เปลี่ยนเฟส 3 ไป 1

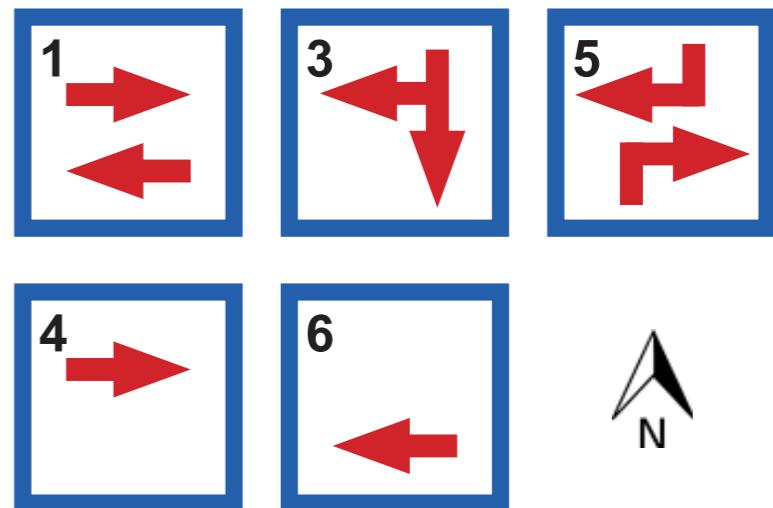
- ทางแผลของศรีเวียงลดน้อยลงมากพอหรือรอยนต์ทางผิวประมวลสามารถเคลื่อนตัวได้อย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 20-30 วินาที
 - ระยะห่างของรอยนต์ที่ผ่านแยกสาขาที่มาจากการสูรักกัดทึ้งช่วงกันเกินไป
 - การเคลื่อนตัวของรอยนต์ผ่านแยกสาขาที่มาจากการสูรักกัดซ้ำเกินไป
 - ระยะเวลาเปิดไฟเขียวในรูปแบบที่ 3 เป็นเวลา 30-80 วินาที

หมายเหตุ เลือกใช้รูปแบบเพส 1-3-1-3-5 เมื่อต้องการที่จะระบายน้ำจากทางสูตรคัลค์ตี้ / ถนนประมวล เพื่อป้องกันการหลุดน้ำ
ใช้เพส 4 (แทนเพส 1) เมื่อหัวและข่องสาหร่ายไม่ถูกแยกสาหร
ใช้เพส 6 (แทนเพส 1) เมื่อหัวและข่องสาหรบนีมารึงแยกสาหร

Knowledge-management output example of signal actuated logics standardisation during morning rush hours at Sathorn Intersection

Sathorn Intersection (Rush-hour morning)





Standard Phase Sequence

เปลี่ยนเฟส 1 ไป 3

- ทางแควรของฝั่งสาทรเหนือถึงแยกสาทร
- ทางแควรของฝั่งสาทรใต้ถึงแยกสาทร
- ทางแควรของศรีเวียงถึงประตูฝั่งถนนประมวลของโรงเรียน กรุงเทพคริสเตียนและอัสสัมชัญ
- ทางแควรของสุรศักดิ์ถึงแยกสุรศักดิ์
- ระยะต้นสะพานตากสิน 300 เมตรจากแยกสาทร (สั่งเกตจาก CCTV) เริ่มเคลื่อนตัว
- ระยะเวลาเปิดไฟเขียวในเฟส 1 เป็นเวลา 120-150 วินาที

เปลี่ยนเฟส 1 ไป 5

- ทางแควรของศรีเวียงถึงประตูฝั่งถนนประมวลของโรงเรียน กรุงเทพคริสเตียนและอัสสัมชัญ
- ทางแควรของเจริญราษฎร์ยาวเกินไป (สื่อสารกับตำรวจด้วยวิทยุ สื่อสารที่แยกให้ด่วนจันทน์)
- ระยะเวลาเปิดไฟเขียวในเฟส 1 เป็นเวลา 120-150 วินาที

**queue built up to ..location..
queue reduced to ..location..
too much car headway
flow rate drops
green time reaches target value**

เปลี่ยนเฟส 5 ไป 1

- ระยะเวลาเปิดไฟเขียวในรูปแบบที่ 5 เป็นเวลา 40-50 วินาที
- ทางแควรของเจริญราษฎร์ลดลงมากพอ (สื่อสารกับตำรวจด้วยวิทยุ)

Conclusion

- A new software (**Chula-SSS**) developed as **UDP/IP client/server programs** that communicate to **SUMO** via **TCP/IP TraCI** in real-time
 - To **retrieve** SUMO traffic sensor readings
 - To **send** desired traffic signal light phase manually entered via GUI by users
- Chula-SSS has been tested with **calibrated SUMO dataset of Sathorn Road network area**

Chula-SSS: Tool FUTURE Benefits

- **Automated traffic signal light adjustment logics implementation & evaluation in simulator**
- **Optimised future sensor deployment planning**

Chula-Sathorn SUMO Simulator (Chula-SSS) Python Codes

Actual Traffics
EVENING-PEAK

Actual Traffics
MORNING-PEAK

<https://github.com/SathornModel/Chula-SSS>



Chula-SSS: Developmental Framework for Signal Actuated Logics on SUMO Platform in Over-saturated Sathorn Road Network Scenario

Associate Professor Chaodit Aswakul, PhD DIC MIEEE

THANK YOU

SUMO User Conference 2018 (14-16 May 2018, Berlin, Germany)