



## STATUS QUO AND TRAFFIC MANAGEMENT MEASURES DEALING WITH FLOODED ROADS DUE TO ADVERSE WEATHER FOR DISTRICT 9 IN THU DUC CITY, HCMC

Nguyen Thi Thanh Huong

Campus in Ho Chi Minh City, University of Transport and Communications, No 450-451 Le Van Viet Street, Tang Nhon Phu A, District 9, Thu Duc City, Vietnam

### ARTICLE INFO

TYPE: Research Article

Received: 02/10/2021

Revised: 04/05/2022

Accepted: 08/06/2022

Published online: 15/06/2022

<https://doi.org/10.47869/tcsj.73.5.4>

\* *Corresponding author*

Email: huongntt\_ph@utc.edu.vn; Tel: +84 988727209

**Abstract.** In Ho Chi Minh City (HCMC), during the rainy season, roads are often flooded affecting transportation and socio-economic activities. Transport management agencies are often passive in handling transport congestion and incidents caused by rain and flooding. This paper introduces a study on formulating traffic management measures to cope with adverse weather conditions causing road flooding and traffic congestion. The objective is to propose feasible, proactive and smarter measures for the authorities by understanding the patterns of travel behavior in road flooding conditions and by applying the intelligent transport system (ITS) in transport management. The study is approached from analyzing the status quo of weather-responsive traffic management solutions in District 9, Thu Duc City, HCMC. Then, the literature review on Vietnam and other countries' experiences was undertaken, the change in traffic flow and the behavior of road users in adverse weather conditions were analyzed. A set of potential measures is proposed. And with the support of the simulation software VISUM, the impacts of 2 groups of measures are quantified: Providing and warning information; and controlling motorized vehicles. The evaluation results show that the measures help to increase traffic speed and to reduce total travel time in adverse weather conditions.

**Keywords:** urban flooded road, traffic management, District 9, Thu Duc City (TDC), Ho Chi Minh City (HCMC)

© 2022 University of Transport and Communications



## THỰC TRẠNG VÀ GIẢI PHÁP QUẢN LÝ, TỔ CHỨC GIAO THÔNG ỨNG PHÓ VỚI ĐƯỜNG NGẬP NƯỚC DO MƯA TẠI QUẬN 9, TP THỦ ĐỨC, TP HCM

Nguyễn Thị Thanh Hương

Phân hiệu tại Thành phố Hồ Chí Minh, Trường Đại học Giao thông vận tải, số 450-451 Lê Văn Việt, phường Tăng Nhơn Phú A, Quận 9, Thành phố Thủ Đức, Việt Nam

### THÔNG TIN BÀI BÁO

CHUYÊN MỤC: Công trình khoa học

Ngày nhận bài: 02/10/2021

Ngày nhận bài sửa: 04/05/2022

Ngày chấp nhận đăng: 08/06/2022

Ngày xuất bản Online: 15/06/2022

<https://doi.org/10.47869/tcsj.73.5.4>

\* Tác giả liên hệ

Email: huongntt\_ph@utc.edu.vn; Tel: +84 988727209

**Tóm tắt.** Vào mùa mưa ở thành phố Hồ Chí Minh (TPHCM), đường thường xuyên bị ngập, gây ảnh hưởng đến hoạt động giao thông vận tải và kinh tế xã hội. Cơ quan quản lý thường bị động trong việc xử lý sự cố xảy ra do mưa và ngập. Bài báo giới thiệu một nghiên cứu về các giải pháp quản lý giao thông ứng phó với điều kiện thời tiết bất lợi như mưa, bão gây ngập đường, mất an toàn và ùn tắc giao thông. Mục tiêu là đề xuất được giải pháp khả thi, chủ động, thông minh nhờ việc nắm bắt được xu hướng hành vi tham gia giao thông và ứng dụng giao thông thông minh (ITS). Nghiên cứu được tiếp cận từ việc phân tích hiện trạng công tác quản lý, tổ chức và điều khiển giao thông ứng phó với mưa và ngập đường tại Quận 9, TP Thủ Đức, TPHCM. Sau đó, tổng hợp giải pháp kinh nghiệm Việt Nam và nước ngoài, phân tích sự thay đổi trong dòng giao thông và hành vi tham gia giao thông. Nghiên cứu đã đề xuất được bộ giải pháp tiềm năng có thể áp dụng trên địa bàn Quận 9. Sau đó sử dụng phần mềm mô phỏng VISUM để lượng hoá tác động của 2 nhóm giải pháp là Thông tin và cảnh báo, và Kiểm soát phương tiện. Kết quả đánh giá cho thấy, các giải pháp giúp tăng vận tốc lưu thông và giảm thời gian đi lại.

**Từ khóa:** đường ngập nước, tổ chức và quản lý giao thông, Quận 9, thành phố Thủ Đức (TP Thủ Đức), thành phố Hồ Chí Minh (TPHCM)

© 2022 Trường Đại học Giao thông vận tải

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ VÀ GIỚI THIỆU TỔNG QUAN

Ở hầu hết các đô thị trên thế giới đều xuất hiện các điều kiện thời tiết xấu, ảnh hưởng bất lợi đến hoạt động giao thông vận tải (làm giảm khả năng thông hành của các tuyến đường như đường trơn trượt, ngập úng, làm giảm tầm nhìn của lái xe, cản trở tốc độ lưu thông của phương tiện,...). Có một thực tế chung là các nhà quản lý giao thông trên thế giới và ở Việt Nam chỉ có những biện pháp rất hạn chế khi đối phó với thời tiết xấu [1]. Đã có nhiều nghiên cứu khác nhau trên thế giới nhằm tìm kiếm các giải pháp, hoặc bộ các giải pháp hiệu quả để đối phó với điều kiện thời tiết xấu, giúp cho giao thông được đảm bảo, tránh xảy ra hỗn loạn, tắc nghẽn, mất an toàn. Trong đó có 3 nhóm giải pháp thường được sử dụng là: cảnh báo trước, điều khiển giao thông theo tình thế, và biện pháp xử lý khẩn cấp [2]. Hiện nay, với sự phát triển ứng dụng công nghệ thông tin, các giải pháp ứng phó với thời tiết xấu thường tập trung quanh hệ thống cảnh báo trước và điều khiển giao thông thông minh (ITS). Nhiều báo cáo nghiên cứu đã trình bày bài học thành công của các thành phố trên thế giới trong lĩnh vực quản lý giao thông ứng phó với thời tiết xấu như: hệ thống cảnh báo tầm nhìn kém ở Alabama; hệ thống cảnh báo cho người đi xe máy ở California; hệ thống cảnh báo ngập đường ở thành phố Palo Alto; hệ thống quản lý bảo dưỡng phương tiện đối phó với thời tiết xấu ở Aurora [3-6].

Quản lý giao thông ứng phó với tình trạng ngập đường (thường do mưa lớn và triều cường) là một vấn đề đang hết sức được quan tâm ở Việt Nam hiện nay, nhất là ở những thành phố đông dân thường xuyên xảy ra tình trạng ngập đường như TPHCM, Hà Nội, các tỉnh ở Đồng Bằng Sông Hồng, Đồng Bằng Sông Cửu Long, ... Đã có nhiều cơ quan, đơn vị xây dựng các kế hoạch ứng phó với biến đổi khí hậu và ngập đường, triều cường. Đây thường là các giải pháp kế hoạch phối hợp từ nhiều đơn vị như: đơn vị dự báo khí tượng thủy văn; cơ quan quản lý giao thông các cấp, công an giao thông, đài phát thanh, trung tâm điều hành quản lý giao thông đô thị. Nhưng những kế hoạch này thường được xây dựng theo kinh nghiệm và theo các giải pháp tình thế, ít khi được căn cứ trên những nghiên cứu khoa học. Do đó cũng giống như nhiều đô thị khác trên thế giới, hiệu quả của các giải pháp này thường hạn chế, người dân trong các đô thị vẫn phải chịu những hậu quả nặng nề từ những trận ngập đường, mạng lưới giao thông thường xuyên bị tê liệt và hỗn loạn tại nhiều điểm [7-16]. Các thành phố đang thực hiện nghiên cứu để xây dựng giải pháp chiến lược quản lý giao thông nhằm ứng phó với thời tiết xấu, với hi vọng sẽ giảm thiểu các thiệt hại có thể xảy ra. Đặc biệt là ở 2 đô thị lớn là Hà Nội và TPHCM, nơi mà nhu cầu tham gia giao thông lớn, mật độ giao thông cao, thiệt hại gây ra về kinh tế-xã hội và môi trường lớn.

Bài báo giới thiệu về một nghiên cứu xây dựng những giải pháp quản lý giao thông ứng phó với điều kiện thời tiết bất lợi. Nghiên cứu này tiếp cận từ các giải pháp kinh nghiệm, căn cứ trên phân tích dòng giao thông và phân tích hành vi tham gia giao thông, từ đó đề xuất bộ giải pháp tổng thể và đánh giá hiệu quả giải pháp. Mục tiêu của nghiên cứu này là đề xuất được những giải pháp khả thi, mang tính chủ động hơn, thông minh hơn cho các cơ quan quản lý, nhờ việc nắm bắt được xu hướng hành vi tham gia giao thông trong điều kiện ngập đường của người dân.

## 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Khung nghiên cứu được tiến hành theo trình tự sau :

1. Tổng hợp các giải pháp quản lý giao thông và các phương pháp nghiên cứu hành vi tham gia giao thông ứng phó với các điều kiện thời tiết bất lợi trong nước và thế giới; phân

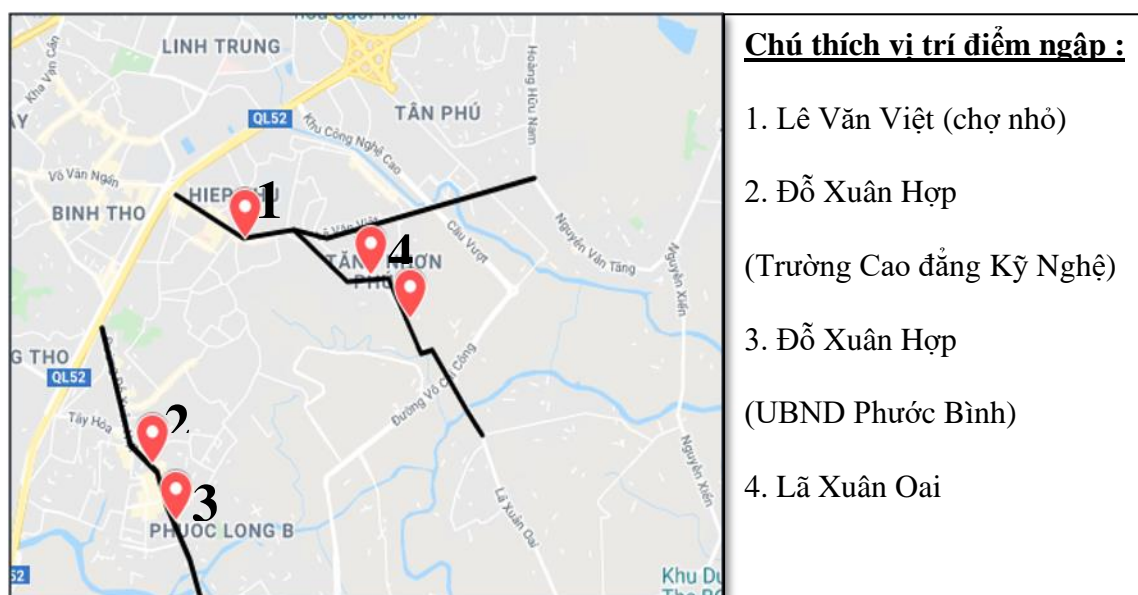
tích mối liên hệ giữa hành vi của người tham gia giao thông và các giải pháp quản lý giao thông có thể áp dụng.

2. Thu thập, phân tích số liệu về các đợt mưa lớn, các điểm ngập và mức độ ngập trên địa bàn Quận 9.

Bảng 1. Dữ liệu về lịch sử ngập trên địa bàn Quận 9 (Nguồn : Trung tâm Điều hành chương trình chống ngập nước TPHCM).

Năm	01. Lê Văn Việt Số nhà 201-203		02. Đỗ Xuân Hợp Trường Cao Đẳng Kỹ Nghệ		03. Đỗ Xuân Hợp Ủy Ban Nhân Dân Phước Bình		04. Lã Xuân Oai	
	Số lần	Độ sâu ngập TB (m)	Số lần	Độ sâu ngập TB (m)	Số lần	Độ sâu ngập TB (m)	Số lần	Độ sâu ngập TB (m)
2010	-	-	9	0,3	-	-	-	-
2011	-	-	9	0,28	-	-	-	-
2012	3	0,18	6	0,25	3	0,28	-	-
2013	-	-	6	0,21	5	0,22	-	-
2014	-	-	3	0,23	3	0,22	-	-
2015	-	-	2	0,25	2	0,25	-	-
2016	-	-	1	0,15	2	0,15	-	-
2017	2	0,25	3	0,25	3	0,35	2	0,3

3. Khảo sát đếm xe và đo vận tốc tại 4 vị trí trên địa bàn quận 9 và phân tích sự thay đổi trong dòng giao thông khi xảy ra ngập đường. Trên cơ sở phân tích số liệu thu thập được tiến hành xây dựng mô hình giao thông có khả năng mô tả hoạt động của mạng lưới đường trong các điều kiện thời tiết khác nhau.



Hình 1. Bản đồ vị trí ngập trong khu vực nghiên cứu trên địa bàn Quận 9.

4 vị trí quan trắc dòng giao thông là 4 vị trí thường xuyên xảy ra ngập đường trên địa bàn Quận 9 (có những lần ngập từ 0,2 m trở lên) theo số liệu thống kê của Trung tâm Điều hành

chương trình chống ngập nước TPHCM. Số liệu về những lần ngập và chiều sâu ngập tại các vị trí này được trình bày trong bảng 1. Từ những dữ liệu thu thập được về lịch sử ngập đường trên địa bàn Quận 9, nhóm nghiên cứu lựa chọn chỉ tập trung nghiên cứu vào 3 điểm ngập trên các tuyến phố chính mà có dữ liệu thống kê chính thức từ Trung tâm Điều hành chương trình chống ngập nước TPHCM và 2 điểm ngập trên tuyến Lã Xuân Oai mà nhóm nghiên cứu thu thập được từ quan sát hiện trường và thông qua ứng dụng Udi-maps. Phương pháp khảo sát lưu lượng và vận tốc là quay video tại hiện trường sau đó triết xuất dữ liệu từ video trong văn phòng. Khảo sát được tiến hành cho ngày trong tuần và ngày cuối tuần trong điều kiện thời tiết bình thường và trong điều kiện thời tiết mưa để có thể so sánh sự thay đổi trong dòng giao thông.

Bảng 2. Thống kê ngày khảo sát.

Vị Trí	Ngày Quay Nắng	Ngày Quay Mưa	Thời gian khảo sát
<b>Đỗ Xuân Hợp</b>	nắng 23/9/2019	mưa 14/9/2019	16h40 – 18h40
<b>Lê Văn Việt</b>	nắng 23/9/2019	mưa 14/9/2019	19h – 21h

4. Khảo sát, phỏng vấn khoảng 200 người tham gia giao thông tại Quận 9 về hành vi của họ khi xảy ra ngập đường trong các điều kiện cụ thể khác nhau. Phân tích số liệu điều tra khảo sát để tìm ra các dạng hay xu hướng phản ứng (thay đổi hành vi đi lại) của người tham gia giao thông trước, trong và sau các tình huống ngập đường. Từ đó cung cấp một số thông tin cơ bản làm đầu vào cho xây dựng mô hình giao thông (VISUM) để đánh giá hiệu quả của một số giải pháp quản lý giao thông được đề xuất trong nghiên cứu này.

Những yếu tố hành vi thay đổi tối thiểu cần thu thập để phục vụ cho việc xây dựng mô hình đánh giá các giải pháp quản lý giao thông bao gồm: Thay đổi phương thức ; Khoảng cách chuyển đi (ước lượng bởi đáp viên) ; Phí gửi xe, cầu đường (nếu có, ước lượng bởi đáp viên) ; Thời gian chuyển đi (ước lượng bởi đáp viên). Bên cạnh đó các câu hỏi tình huống giả định trong bảng hỏi giúp xác định một số giải pháp có tính mới, đột phá, hỏi ý kiến của người tham gia giao thông về hiệu quả của các giải pháp, về lựa chọn phương án thực hiện chuyển đi trong các điều kiện giả định (hoàn cảnh, chi phí, thời gian chuyển đi).

5. Đề xuất bộ giải pháp quản lý giao thông ứng phó với đường ngập nước đồng thời thích ứng với hành vi của người tham gia giao thông tại quận 9, nhằm giải quyết vấn đề về nhu cầu giao thông, ùn tắc giao thông, mất an toàn giao thông do ảnh hưởng của ngập đường.

6. Sử dụng mô hình mô phỏng bằng phần mềm VISUM để đánh giá hiệu quả của các giải pháp đề xuất.

### 3. TÁC ĐỘNG CỦA MƯA VÀ ĐƯỜNG NGẬP NƯỚC ĐẾN DÒNG GIAO THÔNG

Theo đánh giá của Chương trình Phát triển Liên Hợp Quốc, mưa lớn và triều cường có tác động lớn tới các công trình giao thông trên địa bàn TP HCM. Mưa lớn và triều cường đã gây ra sụt lún, ngập lụt nhiều tuyến giao thông, gia tăng sạt trượt, xói lở mặt, nền đường làm các phương tiện giao thông không lưu thông được, gây ách tắc, gia tăng tai nạn giao thông đường bộ. Đường xá bị cắt đứt nhiều đoạn, nhiều tuyến đường địa phương sau bão lũ hàng tuần vẫn bị ngập lụt, ách tắc, giao thông đi lại khó khăn. Trên địa bàn Quận 9 có 350 tuyến đường, 74 cầu giao thông, 940 tuyến hẻm. Số tuyến đường và hẻm có hệ thống thoát nước lần lượt là 208/350 và 76/940 tuyến, chiếm tỷ lệ 59,4% và 8,1% [số liệu của Trung tâm chống ngập cho TP HCM]. Đường ngập nước khi mưa lớn khiến cho các phương tiện di chuyển khó

khăn, có thể bị chết máy, tai nạn trên đường như đổ xe, trôi xe, trôi người. Các tuyến đường rất dễ bị ùn tắc khi mưa và đường bị ngập. Thời gian lưu thông bị kéo dài, gây thiệt hại về tài sản, làm tăng chi phí vận tải, gia tăng ô nhiễm môi trường. Đề lượng hóa tác động của đường ngập nước do mưa tới dòng giao thông, khảo sát lưu lượng và vận tốc trên 2 tuyến đường Đỗ Xuân Hợp và Lê Văn Việt cho kết quả như sau:

Bảng 3. Lưu lượng dòng xe ngày thường và ngày mưa (xe/h) của ngày trong tuần.

Vị Trí	Hướng	Thời Điểm	Xe Máy	Ô tô	Taxi	Xe Khách	Xe Buýt	Xe Tải	Tổng xe (pcu)
Lê Văn Việt	V1	Nắng	3671	131	15	2	15	20	1156
		Mưa	2263	171	28	8	20	7	852
		So sánh	-38%	31%	87%	300%	33%	-65%	-26%
	V2	Nắng	4306	129	18	4	23	8	1311
		Mưa	1660	199	31	11	19	8	740
		So sánh	-61%	54%	72%	175%	-17%	0%	-44%
Đỗ Xuân Hợp	H1	Nắng	3908	214	13	17	9	10	1294
		Mưa	2670	201	20	8	8	11	956
		So sánh	-32%	-6%	54%	-53%	-11%	10%	-26%
	H2	Nắng	4289	167	11	14	9	5	1320
		Mưa	3417	188	17	8	11	8	1126
		So sánh	-20%	13%	55%	-43%	22%	60%	-15%

Bảng 4. Tốc độ trung bình dòng xe tại đoạn tuyến khảo sát (km/h) của ngày trong tuần.

Vị Trí	Hướng	Thời Điểm	Xe Máy	Ô tô	Taxi	Xe Khách	Xe Buýt	Xe Tải
Lê Văn Việt	V1	Nắng	27,89	24,94	28,77	30,32	24,53	30,96
		Mưa	15,73	14,59	12,34	13,24	11,49	12,53
		So sánh	-44%	-41%	-57%	-56%	-53%	-60%
	V2	Nắng	34,31	24,52	25,87	27,55	23,87	29,31
		Mưa	17,93	15,33	15,74	14,16	11,17	16,16
		So sánh	-48%	-37%	-39%	-49%	-53%	-45%
Đỗ Xuân Hợp	H1	Nắng	20,84	13,72	10,86	12,7	11,3	11,71
		Mưa	14,67	17,47	16,06	17,92	15,83	18,37
		So sánh	-30%	27%	48%	41%	40%	57%
	H2	Nắng	16,35	11,85	10,61	9,75	10,75	12,35
		Mưa	16,08	16,59	14,42	14,88	12,52	13,85
		So sánh	-2%	40%	36%	53%	16%	12%

Từ kết quả khảo sát lưu lượng trong bảng trên có thể thấy lưu lượng xe máy giảm xuống và lưu lượng ô tô có xu hướng tăng lên trong điều kiện mưa, ngập. Kết quả này phù hợp với kết quả khảo sát phỏng vấn bảng hỏi cho thấy xu hướng người tham gia giao thông chuyển từ xe máy sang đi ô tô, taxi, xe buýt trong điều kiện thời tiết mưa, đường ngập. Vận tốc lưu thông của tất cả các phương tiện có xu hướng giảm mạnh khi lưu thông trong điều kiện mưa, ngập so với điều kiện bình thường. Trường hợp bất thường tại vị trí đường Đỗ Xuân Hợp, cụ thể chỉ có phương tiện xe máy có tốc độ bị ảnh hưởng (giảm) khi gặp thời điểm mưa, ngập, riêng các phương tiện khác là xe con, xe tải, xe buýt, xe khách có tốc độ vào thời điểm mưa, ngập tăng trung bình 37,04%. Điều này có thể giải thích là vào ngày nắng vị trí này thường xuyên bị ùn tắc trong giờ cao điểm, tuy nhiên vào thời điểm mưa lưu lượng xe giảm, nên các

phương tiện ít bị ảnh hưởng do thời tiết có thể đi nhanh hơn.

#### 4. HIỆN TRẠNG CÔNG TÁC QUẢN LÝ VÀ TỔ CHỨC ĐIỀU KHIỂN GIAO THÔNG ỨNG PHÓ VỚI ĐƯỜNG NGẬP NƯỚC TẠI QUẬN 9, TP THỦ ĐỨC, TPHCM

Ở TP HCM, theo quan điểm của các nhà quản lý, các giải pháp quản lý giao thông ứng phó với mưa và ngập được các đơn vị quản lý giao thông đô thị chia vào 2 nhóm chính là: nhóm công trình và nhóm phi công trình. Nhóm giải pháp công trình bao gồm các giải pháp liên quan đến thi công, xây dựng hệ thống cơ sở hạ tầng (đường xá, cầu cống, trụ đèn, biển báo, trung tâm điều khiển,...). Nhóm giải pháp phi công trình bao gồm các giải pháp mềm, ví dụ như giáo dục, thông tin, ... Một số giải pháp truyền thống đã được áp dụng từ lâu như: Dịch vụ thông tin giao thông VOV; Dịch vụ thông tin thời tiết; Giải pháp về cơ sở hạ tầng như biển báo, bảo dưỡng sửa chữa đường bộ, nạo vét mạng lưới thoát nước, cảnh sát giao thông và thanh niên xung phong điều phối dòng giao thông, tái tổ chức phân luồng giao thông, và các giải pháp khác.

Bảng 5. Nhóm giải pháp phi công trình đang được áp dụng trên địa bàn Quận 9.

Giải pháp	Hiệu quả mang lại	
	Mặt tốt	Mặt hạn chế
01. Dịch vụ thông tin giao thông VOV	Cung cấp được thông tin hiện trạng hoạt động giao thông	Chỉ có những người đi ô tô có thể tiếp cận được.
02. Cảnh sát giao thông, thanh niên xung phong có mặt tại hiện trường điều phối dòng giao thông	Góp phần giảm ùn tắc giao thông, ổn định trật tự của dòng giao thông trong điều kiện đèn tín hiệu và biển báo điều khiển không còn hiệu quả	Chỉ khi xảy ra ùn tắc nghiêm trọng hoặc sự cố rồi thì lực lượng cảnh sát giao thông và thanh niên xung phong mới có mặt tại hiện trường.
03. Dịch vụ thông tin dự báo thời tiết, loa phát thanh địa phương về diễn biến thời tiết bất lợi, biện pháp phòng tránh	Cung cấp trước thông tin dự báo về điều kiện mưa, bão để cơ quan chức năng và người dân chuẩn bị các biện pháp đề phòng.	Độ tin cậy và tính chính xác của thông tin còn thấp.
04. Dịch vụ thông tin cảnh báo trên tivi, internet, mạng xã hội, tin nhắn qua điện thoại	Cung cấp trước thông tin dự báo về điều kiện mưa, bão, ngập lụt để cơ quan chức năng và người dân chuẩn bị các biện pháp đề phòng.	Thông tin còn chung chung, chưa đáp ứng nhu cầu cụ thể của người dân
05. Dịch vụ bản đồ ùn tắc giao thông theo thời gian thực	Cung cấp thông tin về điều kiện lưu thông hiện tại trên các tuyến đường.	Chỉ cung cấp thông tin hiện trạng, chưa cung cấp được thông tin mang tính dự báo hoặc khuyến cáo.
07. Ứng dụng di động thông báo thông tin về mưa và ngập trên toàn mạng lưới giao thông thành phố (Udi-maps)	Cung cấp được tương đối chính xác tất cả các vị trí ngập, mức độ ngập, chiều dài ngập trên toàn mạng lưới.	Chưa cung cấp được thông tin mang tính chất dự báo diễn biến ngập và khuyến cáo. Chưa giúp người dùng lưu trữ được lịch sử thông tin.
08. Group thông tin chung giữa các đơn vị liên quan hành động ứng phó với mưa và ngập (viber, zalo)	Giúp thông tin nhanh chóng, điều động các cơ quan liên quan hành động kịp thời ngay khi cơ sự cố	Chưa được chính thức hóa về mặt luật pháp. Chưa có quy chế hoàn chỉnh, mới chỉ mang tính chất tự nguyện và tự phát.

Các giải pháp công trình và phi công trình đang áp dụng tại Quận 9 đã đạt được những hiệu quả nhất định nhưng vẫn còn rất hạn chế. Cụ thể như sau:

- Thông tin dự báo thời tiết độ chưa đủ độ chính xác để có thể áp dụng các giải pháp quản lý giao thông chủ động và lên kế hoạch chuyển đi cho người dân dựa trên các dự báo trước một cách chính xác.
- Dịch vụ thông tin VOV chỉ tiếp cận chủ yếu đến người lái xe ô tô, và chỉ thông báo được thông tin một số thông tin theo thời gian thực, mà chưa cung cấp được các thông tin mang tính chất dự báo;
- Biển cảnh báo và đưa thông tin chưa phổ biến và kịp thời, chủ yếu mới chỉ có các biển thông tin cố định dựa trên những kinh nghiệm hoặc kế hoạch có sẵn. Chưa áp dụng biển điện tử và kết nối mạng thông tin để đưa thông tin thay đổi theo thời gian thực.
- Lực lượng cảnh sát giao thông và thanh niên xung phong được điều động ra hiện trường để điều phối dòng giao thông và xử lý tình huống khi có các sự cố trong điều kiện mưa ngập có phát huy hiệu quả giảm thiểu ùn tắc và giữ trật tự dòng giao thông. Tuy nhiên trong nhiều trường hợp còn chưa phản ứng kịp thời, khi lực lượng đến hiện trường thì ùn tắc nghiêm trọng đã xảy ra nên việc điều phối và ổn định lại trật tự tương đối khó khăn.

Bảng 6. Nhóm giải pháp về công trình đang được áp dụng trên địa bàn Quận 9.

Giải pháp	Hiệu quả mang lại	
	Mặt tốt	Mặt hạn chế
10. Kế hoạch bảo dưỡng mạng lưới thoát nước, mạng lưới đường bộ trước mùa mưa	Phòng tránh sự cố như đổ cây, gãy cành, đổ cột đèn, biển báo xuống đường giao thông khi có mưa, bão, ngập.	Cần có thông tin lưu trữ lịch sử mưa, bão, ngập lụt và lịch sử vị trí thường xảy ra các sự cố để có kế hoạch phòng tránh tốt hơn.
11. Nâng cấp năng lực của hệ thống cơ sở hạ tầng đường bộ	Giúp giảm thiểu ùn tắc giao thông, tăng khả năng thông hành.	Tiến hành chậm do khó khăn về chi phí, giải phóng mặt bằng, không đáp ứng được nhu cầu.
12. Sửa chữa hệ thống thoát nước, hệ thống cơ sở hạ tầng đường bộ bị hư hỏng	Giúp phục hồi nhanh chóng năng lực thông hành của mạng lưới đường.	Chỉ tiến hành được sau khi mưa, ngập
13. Biển cảnh báo nguy hiểm trên đường, chiều sâu ngập	Giúp đưa thông tin cảnh báo cho người tham gia giao thông để họ đưa ra các quyết định đúng đắn, đảm bảo an toàn, phòng tránh tai nạn.	Giải pháp này còn ít được áp dụng tại Quận 9, do số liệu thống kê về lịch sử ngập đường chưa đầy đủ. Ngoài ra nếu dùng các biển cảnh báo tĩnh thì phải cập nhật liên tục tốn chi phí.
14. Hệ thống điều hành, quản lý giao thông thông minh ITS ứng phó với mưa và ngập	Áp dụng công nghệ quản lý tổ chức giao thông thông minh giúp thực hiện đầy đủ bộ chiến lược hoàn chỉnh từ thu thập dữ liệu, phân tích dữ liệu, dự báo và phát thông tin điều khiển, cảnh báo.	Giải pháp này chưa được áp dụng hoàn chỉnh và mang lại hiệu quả rõ rệt trên địa bàn Quận 9
15. Quy hoạch lại mạng lưới cơ sở hạ tầng (tuyến đường phụ trợ, tuyến đường thay thế)	Giúp người dân có thêm lựa chọn tuyến đường khi gặp các tuyến đường bị ngập sâu hoặc ùn tắc nghiêm trọng.	Mạng lưới cơ sở hạ tầng giao thông trên địa bàn quận 9 quy hoạch chưa hoàn chỉnh, mạng lưới chưa đảm bảo độ liên thông tốt, ít tuyến đường đi song song thay thế.



Nhìn chung, các giải pháp đã áp dụng cần được cải thiện, nâng cấp để mang lại hiệu quả hơn, đặc biệt là trong thời đại công nghiệp 4.0 với mục tiêu xây dựng đô thị và hệ thống giao thông thông minh của thành phố. Một số giải pháp mới được áp dụng gần đây như : Dịch vụ thông tin cảnh báo qua tin nhắn điện thoại; Dịch vụ bản đồ ùn tắc giao thông; Ứng dụng tra cứu thông tin mưa và ngập trên điện thoại di động (Udi-maps); Trung tâm điều hành quản lý giao thông thông minh (Hầm Thủ Thiêm).

Những giải pháp này mới được áp dụng trong vòng 1-2 năm gần đây, và vẫn đang đòi hỏi từng bước được hoàn thiện hơn. Cụ thể như sau: Dịch vụ tin nhắn qua điện thoại di động đưa thông tin còn chung chung, ít gắn với nhu cầu cụ thể của từng người dân nên ít ý nghĩa; Dịch vụ bản đồ ùn tắc và dịch vụ Udi-maps còn chưa tiếp cận đến nhiều người, rất ít người biết đến sự tồn tại của 2 loại dịch vụ này; Dự án nâng cấp hệ thống thoát nước chống ngập (máy bơm chống ngập, cống ngăn triều, nâng cấp mạng lưới ống thoát nước,...) vẫn đang trong giai đoạn thực hiện, nên dù một số công trình đã đưa vào vận hành nhưng hiệu quả chưa cao; Trung tâm điều hành quản lý giao thông thông minh Hầm Thủ Thiêm mới được xây dựng, hệ thống chưa hoàn thiện, hiệu quả hoạt động còn hạn chế, chưa thấy rõ hiệu quả hoạt động của trung tâm này trên địa bàn Quận 9.

Hiện nay, các đơn vị liên quan chịu trách nhiệm tổ chức và quản lý giao thông trên địa bàn Quận 9 như Sở giao thông, Khu quản lý giao thông đô thị số 2, lực lượng cảnh sát giao thông quận 9 và lực lượng cảnh sát giao thông phía đông Sài Gòn, trung tâm thông tin VOV, Trung tâm điều hành quản lý giao thông thông minh đã tổ chức group thông tin chung (viber, zalo) để kịp thời thông tin, phối hợp hành động, bước đầu cho thấy hiệu quả. Tuy nhiên, giải pháp này cần được chính thức hóa về mặt luật pháp, và cần hoàn thiện quy chế.

Tóm lại, các giải pháp đang áp dụng tại Quận 9 mới chỉ tập trung vào các biện pháp xử lý sự cố và nâng cấp hạ tầng truyền thống. Các nhóm giải pháp cảnh báo, dự báo và nhóm giải pháp mềm tác động mạnh đến điều chỉnh cung-cầu giao thông khi có mưa, ngập nhờ ứng dụng hệ thống điều hành quản lý giao thông động theo thời gian thực chưa được phát triển mạnh.

## 5. BỘ GIẢI PHÁP TỔ CHỨC QUẢN LÝ GIAO THÔNG ỨNG PHÓ VỚI MƯA, NGẬP ĐỀ XUẤT CHO KHU VỰC QUẬN 9

Căn cứ trên phân tích hiệu quả của các giải pháp đã và đang được áp dụng trên thế giới và ở Việt Nam thông qua các bài báo và báo cáo khoa học; các giải pháp đang được áp dụng trên địa bàn Quận 9; đặc điểm và hiện trạng hệ thống cơ sở hạ tầng và quản lý giao thông, nhu cầu và hành vi tham gia giao thông trên địa bàn Quận 9, Bộ giải pháp tổ chức quản lý giao thông đề xuất cho điều kiện mưa, ngập kết hợp tại khu vực quận 9 như sau :

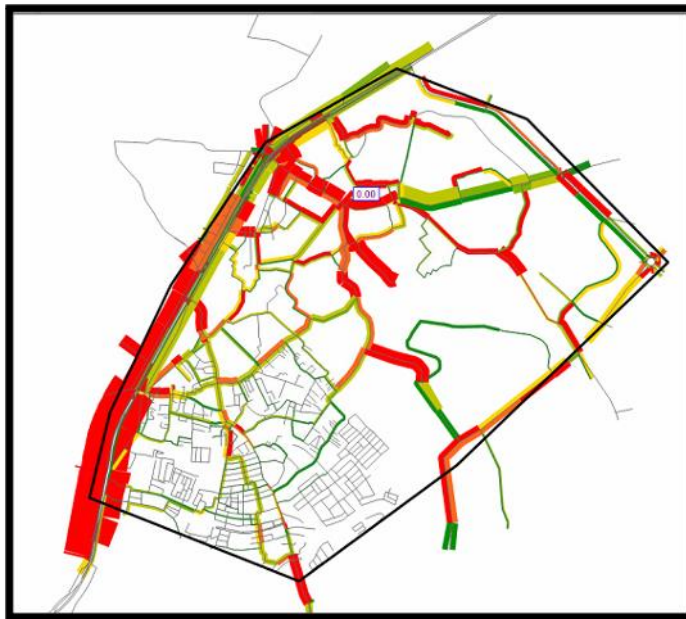
Bảng 7 Bộ giải pháp tổ chức và quản lý giao thông ứng phó với mưa và ngập đề xuất áp dụng.

STT	Tên giải pháp	Tác động giả thiết của giải pháp	Tính mới
<b>Nhóm giải pháp Thông tin và Cảnh báo</b>			
01	Dịch vụ thông tin dự báo thời tiết và thông tin giao thông trước chuyến đi	5% hủy bỏ chuyến đi trước khi đi chuyển và 20% thay đổi thời gian xuất phát sang giờ khác	Đã áp dụng nhưng cần nâng cấp
02	Bản đồ ngập lụt, bản đồ các vị trí mất an toàn giao thông khi có mưa ngập	Thay đổi giá trị trở kháng và khả năng thông hành trên tuyến đường	Chưa áp dụng
03	Thông tin cảnh báo trên	Nâng cao an toàn giao thông. 30% người tham	Đã áp dụng

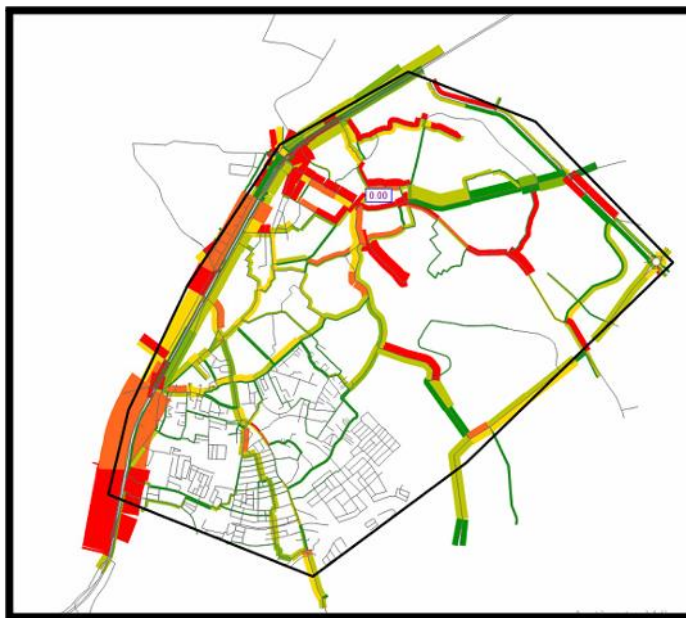
STT	Tên giải pháp	Tác động giả thiết của giải pháp	Tính mới
	đường	gia giao thông thực hiện hành vi hoãn chuyến, 10% thực hiện hành vi thay đổi lộ trình.	nhưng cần nâng cấp
04	Giờ làm việc linh hoạt	5% thay đổi thời gian đi lại	Chưa áp dụng
<b>Nhóm giải pháp Giáo dục</b>			
05	Giáo dục kỹ năng tham gia giao thông khi mưa, ngập	Nâng cao an toàn giao thông và giảm ùn tắc giao thông	Chưa áp dụng
<b>Nhóm giải pháp Kiểm soát và Điều tiết</b>			
06	Lực lượng công ích điều tiết giao thông tại hiện trường	Hạn chế phương tiện (xe máy) tiếp cận những điểm ngập nặng	Đã áp dụng
07	Kiểm soát giao thông trên một khu vực	Hạn chế phương tiện (xe máy) tiếp cận những điểm ngập nặng	Chưa áp dụng
08	Điều chỉnh giao thông trên tuyến	Hạn chế phương tiện (xe máy) tiếp cận những điểm ngập nặng	Chưa áp dụng
09	Thiết lập mạng lưới tuyến, lộ trình thay thế	Phương tiện di chuyển theo các tuyến đường song song thay thế	Đã áp dụng nhưng cần nâng cấp
10	Cải thiện điều khiển giao thông bằng đèn tín hiệu	Giảm ùn tắc giao thông	Đã áp dụng nhưng cần nâng cấp
11	Cải thiện điều khiển giao thông tại những nút giao không có đèn tín hiệu	Giảm ùn tắc giao thông	Đã áp dụng nhưng cần nâng cấp
12	Điều chỉnh tốc độ	Tốc độ lưu thông bị giới hạn để đảm bảo an toàn và giảm ùn tắc giao thông	Chưa áp dụng
13	Hạn chế hoặc cấm đỗ xe	Cấm đỗ xe trên tuyến đường bị ngập, đặc biệt trên những tuyến bị ngập nặng (> 25cm). Giảm ùn tắc giao thông.	Chưa áp dụng
<b>Nhóm giải pháp về Cơ sở hạ tầng</b>			
14	Hệ thống quản lý giao thông động	Giám sát và điều hành giao thông theo thời gian thực nhằm giảm ùn tắc giao thông và nâng cao an toàn giao thông	Chưa áp dụng
15	Nâng cấp, sửa chữa hệ thống cơ sở hạ tầng	Năng lực thông qua của đường được cải thiện, giảm tác động bởi ngập lụt	Đã áp dụng nhưng cần nâng cấp
16	Hệ thống điểm trú chân tạm thời		Chưa áp dụng
17	Cải thiện cơ sở hạ tầng khuyến khích vận tải đa phương thức	Chuyển từ xe máy sang sử dụng vận tải hành khách công cộng khi thực hiện chuyến đi trong điều kiện thời tiết mưa, ngập	Chưa áp dụng
18	Nâng cao năng lực vận tải hành khách công cộng	Vận hành các tuyến vận tải hành khách công cộng tăng cường khi xảy ra mưa lớn, ngập lụt tại khu vực có nhu cầu thay đổi phương tiện cao	Chưa áp dụng
19	Cải thiện khả năng tiếp cận vận tải hành khách công cộng	Cải thiện không gian vỉa hè tăng khả năng kết nối tới vận tải hành khách công cộng trên các tuyến phố bị ngập. Một phần chuyển đi thực hiện bằng xe máy chuyển sang thực hiện bằng xe buýt	Chưa áp dụng
20	Quy hoạch đô thị và Quy hoạch cơ sở hạ tầng	Nhằm giảm ngập lụt	Biện pháp dài hạn

## 6. ĐÁNH GIÁ TÁC ĐỘNG GIAO THÔNG KHI ÁP DỤNG BỘ GIẢI PHÁP ĐỀ XUẤT BẰNG PHẦN MỀM MÔ PHỎNG VISUM

### 6.1. Mức phục vụ và vận tốc trung bình trên các tuyến đường



Hình 2. Phân bố lưu lượng giờ cao điểm ngày mưa – pcu/h (KB2).



Chú giải về màu trong hình						
	LOS A	LOS B	LOS C	LOS D	LOS E	LOS F

Hình 3. Phân bố lưu lượng giờ cao điểm áp dụng bộ giải pháp đề xuất (KB3).

Kết quả phân bố cho thấy các tuyến đường vào giờ cao điểm ngày thường các tuyến đường Lê Văn Việt, Lã Xuân Oai, Xa Lộ Hà Nội nhiều vị trí bị ùn tắc nghiêm trọng. Đường

Đỗ Xuân Hợp mật độ lưu thông trên nhiều đoạn tuyến thoáng hơn nhưng có một số vị trí bị ùn tắc. Vào ngày mưa, do khả năng thông hành trên toàn mạng lưới giảm xuống, trong đó khả năng thông hành trên các tuyến đường đoạn đi qua khu vực bị ngập nặng giảm nhiều, nên dù tổng nhu cầu di chuyển giảm 1,44% (theo kết quả xây dựng mô hình dự báo), các tuyến đường Lê Văn Việt, Lã Xuân Oai, Xa Lộ Hà Nội xuất hiện nhiều đoạn ùn tắc trầm trọng hơn. Hệ số sử dụng khả năng thông hành trên các tuyến đường này tăng lên dù lưu lượng giảm xuống, đồng thời mức phục vụ trên các tuyến đường này cũng giảm nhiều. Riêng đường Đỗ Xuân Hợp lưu lượng giảm xuống trên đoạn đi qua khu vực bị ngập nặng, và kết quả mô hình phân bổ cho thấy phần lưu lượng này được chia sẻ sang tuyến đường nội bộ khu dân cư Phước Bình đi song song với đường Đỗ Xuân Hợp. Xem chi tiết ở bảng 8 và từ hình 2 đến 5.

Bảng 8 Chỉ số đánh giá hoạt động giao thông trên tuyến theo các kịch bản (KB).

Tên đường	Độ bão hòa Khả Năng Thông Hành			Thời gian trễ TB (giây/xe)		
	KB1	KB2	KB3	KB1	KB2	KB3
Đình Phong Phú (Lê Văn Việt-đường số 2)	95%	100%	85%	55	74	34
Đình Phong Phú (đường số 2-Tăng Nhơn Phú)	87%	98%	88%	36	49	38
Đình Phong Phú (Tăng Nhơn Phú-Ông Thoàn)	63%	74%	64%	14	25	23
Đỗ Xuân Hợp (XLHN-số 79)	100%	100%	89%	103	119	62
Đỗ Xuân Hợp (số 79-Tây Hòa)	45%	71%	40%	16	46	5
Đỗ Xuân Hợp (Tây Hòa-Dương Đình Hội)	91%	93%	90%	111	109	85
Đỗ Xuân Hợp (Dương Đình Hội-Rạch Chiếc)	68%	52%	48%	35	21	20
Lã Xuân Oai (Lê Văn Việt-Làng Tăng Phú)	87%	100%	96%	30	248	127
Lã Xuân Oai (Làng Tăng Phú -Võ Chí Công)	100%	100%	100%	201	248	214
Lê Văn Việt (XLHN-Đình Phong Phú)	100%	100%	99%	153	211	201
Lê Văn Việt (Đình Phong Phú-Lã Xuân Oai)	100%	100%	100%	209	211	165
Lê Văn Việt (Lã Xuân Oai-Khu CNC)	43%	45%	43%	31	33	30
Tên đường	Vận tốc Xe đạp (km/h)			Vận tốc Xe cơ giới (km/h)		
	KB1	KB2	KB3	KB1	KB2	KB3
Đình Phong Phú (Lê Văn Việt-đường số 2)	8	5	6	12	9	18
Đình Phong Phú (đường số 2-Tăng Nhơn Phú)	12	5	6	17	15	31
Đình Phong Phú (Tăng Nhơn Phú-Ông Thoàn)	15	10	10	25	20	25
Đỗ Xuân Hợp (XLHN-số 79)	5	5	6	11	6	18
Đỗ Xuân Hợp (số 79-Tây Hòa)	15	10	12	40	11	38
Đỗ Xuân Hợp (Tây Hòa-Dương Đình Hội)	8	5	6	15	6	15
Đỗ Xuân Hợp (Dương Đình Hội-Rạch Chiếc)	15	11	15	32	17	30
Lã Xuân Oai (Lê Văn Việt-Làng Tăng Phú)	12	5	5	17	5	5
Lã Xuân Oai (Làng Tăng Phú -Võ Chí Công)	5	5	5	8	5	6
Lê Văn Việt (XLHN-Đình Phong Phú)	5	5	5	5	5	5
Lê Văn Việt (Đình Phong Phú-Lã Xuân Oai)	5	5	5	5	5	6
Lê Văn Việt (Lã Xuân Oai-Khu CNC)	20	17	17	40	38	40

KB1: giờ cao điểm ngày thường; KB2: giờ cao điểm ngày mưa chưa áp dụng bộ giải pháp đề xuất; KB3: giờ cao điểm ngày mưa có áp dụng bộ giải pháp đề xuất



Hình 4. So sánh lưu lượng phân bố trên các tuyến đường giờ cao điểm ngày mưa khi áp dụng và không áp dụng bộ giải pháp đề xuất (KB3-KB2).



Chú giải về màu trong hình		
	KB3 – KB2 ≤ 0	KB3 – KB2 > 0

Hình 5. So sánh hệ số sử dụng khả năng thông hành trên các tuyến đường khi áp dụng và không áp dụng bộ giải pháp đề xuất (KB3-KB2).

Nhìn chung, khi so sánh phân bố lưu lượng giờ cao điểm trên toàn mạng lưới giữa ngày thường và ngày mưa cho thấy, lưu lượng trên tuyến đường Đỗ Xuân Hợp, Lê Xuân Oai giảm, nhưng hệ số sử dụng khả năng thông hành lại tăng lên tức là mức phục vụ bị giảm xuống. Lưu lượng trên đường Lê Văn Việt nhìn chung tăng lên, chỉ giảm theo hướng đi về khu Công

Nghệ Cao trên đoạn từ Ngã Tư Thủ Đức đi đến Lã Xuân Oai, tăng lên ở đoạn từ Lã Xuân Oai đến khu Công Nghệ Cao. Kết quả phân bố trên mô hình phù hợp với kết quả khảo sát lưu lượng tại các vị trí bị ngập vào ngày thường và ngày mưa, ngập. Do ngày thường các tuyến đường này đã thường xuyên ùn tắc vào giờ cao điểm nên vào ngày mưa, ngập, đặc biệt là những cơn mưa vào giờ cao điểm chiều làm cho các tuyến đường này ùn tắc trầm trọng hơn dù lưu lượng không tăng lên.

Khi áp dụng các giải pháp đề xuất, lưu lượng giao thông đi qua các đoạn tuyến bị ngập giảm, mức phục vụ tăng lên. Tuy nhiên do mạng lưới hiện tại các tuyến đường thay thế hạn chế, nên không san sẻ đáng kể lưu lượng cho các đoạn tuyến bị ngập. Ùn tắc giao thông trên tuyến bị ngập và các tuyến tiếp cận chưa được giải quyết triệt để.

Vận tốc di chuyển trung bình trên tuyến nhìn chung là giảm xuống trong ngày mưa, ngập so với ngày thường. Kết quả này thể hiện trong bảng chỉ tiêu đánh giá hoạt động giao thông trên tuyến và bản đồ so sánh trình bày ở bảng 8. Việc giảm vận tốc lưu thông làm tăng đáng kể thời gian trễ của các phương tiện lưu thông trên tuyến như đã trình bày ở trên. Giả thiết áp dụng bộ giải pháp đề xuất, kết quả cho thấy vận tốc lưu thông trên hầu như tất cả các tuyến đường đều được cải thiện, góp phần làm giảm đáng kể thời gian trễ của các phương tiện lưu thông trên tuyến.

## 6.2. Tổng thời gian di chuyển, chiều dài di chuyển và vận tốc chạy xe trung bình của khu vực nghiên cứu

Khi so sánh các kịch bản ở cấp độ toàn mạng lưới, kết quả cũng tương tự như khi so sánh trên tuyến, vận tốc được cải thiện đáng kể khi giả thiết áp dụng bộ giải pháp đề xuất. Tổng thời gian chạy xe tăng lên dù tổng km chạy xe giảm xuống khi so sánh nhu cầu giao thông của ngày mưa, ngập và ngày thường. Nhưng với kịch bản 3, giả thiết các giải pháp được áp dụng, số km chạy xe và thời gian chạy xe đều giảm xuống đáng kể. Xem chi tiết ở bảng 9.

Bảng 9 Chỉ số đánh giá hoạt động giao thông cấp độ mạng lưới.

	<b>KB1</b>	<b>KB2</b>	<b>KB3</b>
<b>Tổng km chạy xe (xe.km)</b>	545060,4	537550,2	402558,8
<b>Tổng thời gian chạy xe (xe.giờ)</b>	34721,1	38499,7	24313,8
<b>Vận tốc trung bình toàn mạng lưới (km/h)</b>	15,7	14,1	16,6

## 7. KẾT LUẬN

Phân tích định lượng đã được thực hiện nhờ mô hình giao thông trong VISUM đối với các nhóm giải pháp được xem là hiệu quả, và tập trung vào 02 nhóm giải pháp: 1) Cung cấp thông tin và cảnh báo và 2) Kiểm soát phương tiện cơ giới với 05 giải pháp cụ thể như sau: Giải pháp 01. Dịch vụ thông tin dự báo thời tiết và thông tin giao thông trước chuyến đi; Giải pháp 04. Giờ làm việc linh hoạt; Giải pháp 07. Kiểm soát giao thông trên một khu vực; Giải pháp 08. Điều chỉnh giao thông trên tuyến; Giải pháp 09. Thiết lập mạng lưới tuyến, lộ trình thay thế.

Từ kết quả đánh giá ở kịch bản 3 áp dụng bộ giải pháp, vấn đề ùn tắc giao thông trên những đoạn tuyến bị ngập hoặc những tuyến tiếp cận chưa được giải quyết một cách triệt để, tuy nhiên giải pháp cơ bản hạn chế được lưu lượng xe máy tiếp cận, đã giúp tăng vận tốc lưu thông và giảm thời gian đi lại trong điều kiện thời tiết mưa, ngập. Cụ thể:

Lưu lượng xe nói chung và xe máy nói riêng trên các trục đường bị ngập giảm thông qua sự thay đổi về số chuyến đi thu hút/phát sinh và thay đổi thời gian xuất phát cũng như các giải

pháp kiểm soát. Điều này góp phần đảm bảo an toàn giao thông cho người tham gia giao thông bằng phương tiện xe máy (đối tượng bị ảnh hưởng nhiều nhất bởi điều kiện thời tiết mưa, ngập).

Cải thiện vận tốc trung bình của các phương thức trên các mặt cắt bị ngập lụt.

Cải thiện thời gian chuyển đi bình quân đối với các phương thức đi lại, giảm tổng thời gian di chuyển trên toàn mạng lưới.

Mặc dù các giải pháp đề xuất tương ứng với nhiều tính huống khác nhau liên quan đến cường độ mưa, gió, ngập hoặc kết hợp giữa các tình huống. Tuy nhiên do hạn chế về nguồn lực, nên nghiên cứu mới chỉ thực hiện chi tiết đối với tình huống mưa kết hợp ngập vào giờ cao điểm chiều. Lí do chỉ chọn đánh giá tình huống này bởi vì đó là tình huống nghiêm trọng nhất xét về khía cạnh ùn tắc giao thông. Đánh giá tác động các giải pháp bằng mô hình VISUM chỉ được thực hiện cho 02 nhóm giải pháp có thể lượng hóa và đưa vào mô hình. Do hạn chế về nguồn lực, các nhóm giải pháp còn lại chưa được đánh giá trong nghiên cứu này và được đề xuất thực hiện các nghiên cứu tiếp theo trong tương lai để hoàn thiện kết quả nghiên cứu liên quan đến chủ đề này.

## LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại Học Giao Thông vận Tải. Tác giả xin chân thành cảm ơn TS. Nguyễn Thanh Tú – Trường Đại học Giao thông Vận tải và TS. Phạm Duy Hoàng – Trường Đại Học Tokyo đã hỗ trợ trong nghiên cứu này.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] A.D. Stern, V. Shah, L. Goodwin, P. Pisano, Analysis of Weather Impacts on Traffic flow in Metropolitan Washington DC, Institute of Transportation Engineers 2003 Annual Meeting and Exhibit, Seattle, Washington, 24-27 August, 2003, 21. <https://trid.trb.org/view/701218>
- [2] P.A. Pisano, L.C. Goodwin, Research Needs for Weather-Responsive Traffic Management, Transportation research record: Journal of the transportation research board, 1867 (2004) 127-131. <https://doi.org/10.3141%2F1867-15>
- [3] M. Kilpeläinen, H. Summala, Effects of weather and weather forecasts on driver behavior, Transportation Research Part F Traffic Psychology and Behaviour, 10 (2007) 288-299. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2006.11.002>
- [4] P. Portaankorva, Road Weather and Traffic Data in Traffic Management, [trong] 11th International Road Weather Conference SIRWEC, Sapporo, Japan, 26-28 January, 2002, 6. <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.614.3027&rep=rep1&type=pdf>
- [5] Haug, S. Grosanic, Usage of Road Weather Sensors for Automatic Traffic Control on Motorways, Transport research procedia, 15 (2016) 537-547. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.06.045>
- [6] N. El Faouzi, L.P. Santos, Traffic Management Strategies during Adverse Weather Conditions for Improved Traffic Safety, [trong] N. El Faouzi, Real Time Monitoring Surveillance and Control of Road Networks under Adverse Weather Conditions, First edition, IFSTTAR, France, 2011, 254-258.
- [7] V.H. Khuat, Traffic Management in Motorcycle Dependent Cities, Damstad University, 2006.
- [8] A.T. Vu, D.H. Pham, Impact assessment of traffic management measures to deal with adverse weather conditions: Case study of Hanoi, [trong] 12th International Conference of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Ho Chi Minh City, Vietnam, September 18-21, 2017, VGU, 124-129.

- [9] A.T. Vu, D.H. Pham, Traffic management framework to deal with adverse weather conditions in developing countries, [trong] 12th International Conference of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Ho Chi Minh City, Vietnam, September 18-21, 2017, VGU, 159-165.
- [10] N. Chakrabarty, K. Gupta, Analysis of driver behaviour and crash characteristics during adverse weather conditions, *Procedia-social and behavioral sciences*, 104 (2013) 1048-1057. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.11.200>
- [11] F. Xu, Z. He, Z. Sha, L. Zhuang, W. Sun, Assessing the impact of rainfall on traffic operation of urban road network, *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 96 (2013) 82-89. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.08.012>
- [12] I. Tsapakis, T. Cheng, A. Bolbol, Impact of weather conditions on macroscopic urban travel times, *Journal of Transport Geography*, 28 (2013) 204-211. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2012.11.003>
- [13] M. Agarwal, T. H. Maze, R. Souleyrette, Impacts of weather on urban freeway traffic flow characteristics and facility capacity, [trong] Proceedings of the 2005 mid-continent transportation research symposium, Ames Iowa, United States, 18-19 August, 2005, 14. <https://trid.trb.org/view/760690>
- [14] L. Tsirigotis, E. I. Vlahogianni, M. G. Karlaftis, Does information on weather affect the performance of short-term traffic forecasting models?, *International journal of intelligent transportation systems research*, 10 (2012) 1-10. [HTTPS://DOI.ORG/10.1007/S13177-011-0037-X](https://doi.org/10.1007/S13177-011-0037-X)
- [15] K.S. Choo, D.H. Kang, B.S. Kim, Impact Assessment of Urban Flood on Traffic Disruption using Rainfall–Depth–Vehicle Speed Relationship, *Water*, 12 (2020) 920-926. <https://doi.org/10.3390/w12040926>
- [16] M. Pregolato, A. Ford, S. M. Wilkinson, R. J. Dawson, The impact of flooding on road transport: A depth-disruption function, *Transportation research part D: transport and environment*, 55 (2017) 67-81. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.06.020>