

令和 4 年 5 月 25 日現在

機関番号：12601
研究種目：若手研究
研究期間：2020～2021
課題番号：20K19859
研究課題名（和文）A Benchmark for Video-Like Urban Computing on Citywide Crowd and Traffic Prediction
研究課題名（英文）A Benchmark for Video-Like Urban Computing on Citywide Crowd and Traffic Prediction
研究代表者
姜 仁河（JIANG, Renhe）
東京大学・情報基盤センター・助教
研究者番号：20865266
交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：大規模な都市区域を数々のきめ細かいメッシュグリッドへとメッシングすることで、連続的な期間における都市全体の人流・交通流を映像のように表現し、各タイムスタンプを一枚の映像フレームとして扱うことができる。この考え方に基づき、都市全体の人流・交通流に関する映像型の予測に対応するため一連の深層学習モデルが提案された。本研究を通じ、複数のオープンデータセットに基づき、メッシュベースの人流・交通流予測問題に対する標準的なベンチマークを構築した。関連成果は国際トップカンファレンスCIKM 2021にて最優秀リソース論文候補賞として授賞された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年、IoT（Internet of Things：モノのインターネット）、ビッグデータ、人工知能技術の急速な発展に伴い、スマートシティは新しい科学技術分野として各国の学术界、産業界および各国政府から非常に重視されている。そこで、人を中核としたスマートシティの実現に最も重要な研究課題と技術は、都市規模の人流・交通流の知覚、分析、シミュレーション、予測である。本研究提案をスマートシティ構築のためのキーテクノロジーと位置づけ、Japan Society 5.0の実現に大きく貢献し、画像処理と自然言語処理以外の人工知能・データサイエンス研究を大きく発展させることを期待するものである。

研究成果の概要（英文）：Predicting the density and flow of the crowd or traffic at a citywide level becomes possible by using the big data and cutting-edge AI technologies. It has been a very significant research topic with high social impact, which can be widely applied to emergency management, traffic regulation, and urban planning. By meshing a large urban area to a number of fine-grained mesh-grids, citywide crowd and traffic information in a continuous time period can be represented like a video, where each timestamp can be seen as one video frame. Based on this idea, a series of methods have been proposed to address video-like prediction for citywide crowd and traffic. Through this research, we build a standard benchmark for such kind of urban computing problems based on multiple open datasets. The research achievement was awarded by CIKM 2021 Best Resource Paper Runner-Up.

研究分野：知能情報学

キーワード：Smart City Spatiotemporal Data Deep Learning Transportation Urban Mobility Crowd Flow Benchmark

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

現在、携帯電話やカーナビシステム、トラフィックセンサーなどにより大量の都市部における人の移動に関するデータが生成されるようになってきている。多く研究ではこれらのモビリティのビッグデータを最先端の技術により分析しており、アーバンコンピューティングと呼ばれている。特に、都市レベルでの群集や交通の予測は緊急管理や交通規制、都市計画などにおいて大いに重要であることから学界、産業界の両方においてテーマとして台頭してきた。大規模な都市区域を数々のきめ細かいメッシュグリッドへとメッシングすることで、連続的な期間における都市全体の群集や交通情報を図 1 に示すような映像データと類似した形で 4 次元テンソル「タイムステップ×高さ×幅×チャンネル」によって表現できる。この考え方に基づき、都市全体の人流・交通流に関する映像型の予測に対応するため一連の深層学習モデルが提案された。本研究を通じ、複数のオープンデータセットに基づき、メッシュベースの人流・交通流予測問題に対する標準的なベンチマークを構築し、徹底的な性能評価を行おうとする。

2. 研究の目的

本研究では新たなオープンデータセットを公開し、都市全体での人流・交通流の予測に関する映像型コンピューティングの標準的なベンチマークの構築を目指す。既往文献による最先端の研究を包括的に批評し、密度や流入の予測問題に関するモデルの徹底的な性能評価を実施する。本ベンチマークはオープンシステムとしてウェブサイト上で公開し、全ての関連する研究者が利用できるようにする。このベンチマークに基づき、(1) 最先端のモデルの限界を探り、異なるモデルによる先端技術を統合し新たな超支配的モデルの構築を試み、(2) これらのモデルやアルゴリズムを拡張し、都市全体の大気質や電力消費、交通需要などの予測といった、都市全体の群集や交通の予測以外の関連する研究問題にも応用可能にする。

3. 研究の方法

深層学習をはじめとする人工知能技術(AI)は急速に発展しているが、その中の多くの理論知識・応用技術は画像処理(CV)と自然言語処理(NLP)タスクに向けて提案されたものである。人流・交通流をはじめとする時空間データ解析に関して、まだ十分に研究されていない。本研究において、以下4点から研究を推進する。

- (A) 我々は、一連の研究問題を一様に定義し公式化できる映像型アーバンコンピューティング(4D テンソル $T \times H \times W \times C$ 向けの予測)と呼ばれる新たな概念を提案する。
- (B) 実世界のスマートフォンのアプリにより生成される群集密度および流入予測に関する新たなデータセットを公開する。
- (C) 本研究を都市全体の群集密度や交通予測に関する複数の最先端の方法を実装している標準的なベンチマークの構築に関する初の試みにする。
- (D) 本ベンチマークを都市全体の群集密度や交通予測以外の他のアーバンコンピューティング問題にも容易に応用できる高度に拡張可能なベンチマークにする。

4. 研究成果

本研究を通じ、複数のオープンデータセットに基づき、メッシュベースの人流・交通流予測問題に対する標準的なベンチマークを構築した。関連成果は国際トップカンファレンス CIKM 2021 にて最優秀リソース論文賞(Best Resource Paper Runner-Up Award)として授賞された。他にも、様々な分野のトップレベルの国際学術誌と国際学術会議(AAAI 2022, CIKM2021 × 2, ICDE2021, SIGSPATIAL2020, ACM TIST 2022, ACM TDS 2021, IEEE TKDE 2021)において合計8本の論文を発表し、理論面・応用面から学際的な研究成果を挙げている。

- ✚ [ACM-TIST22] **R. Jiang**, Z. Cai, Z. Wang, C. Yang, Z. Fan, Q. Chen, X. Song, and R. Shibasaki. 2022. Predicting Citywide Crowd Dynamics at Big Events: A Deep Learning System. ACM Trans. Intell. Syst. Technol. 13, 2, Article 21 (April 2022), 24 pages. <https://doi.org/10.1145/3472300>
- ✚ [AAAI22] Z. Wang, **R. Jiang (Corresponding Author)**, H. Xue, F. Salim, X. Song, R. Shibasaki, "Event-Aware Multimodal Mobility Nowcasting", Proc. of Thirty-Sixth AAAI Conference on Artificial Intelligence (AAAI), 2022. <https://www.aaai.org/AAAI22Papers/AAAI-10914.WangZ.pdf>
- ✚ [CIKM21-1] Z. Wang, **R. Jiang (Corresponding Author)**, Z. Cai, Z. Fan, X. Liu, K. Kim, X. Song#, R. Shibasaki, "Spatio-Temporal-Categorical Graph Neural Networks for Fine-Grained Multi-Incident Co-Prediction", Proc. of 30th ACM International Conference on Information and Knowledge Management (CIKM), 2021. <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/3459637.3482482>
- ✚ [CIKM21-2] [Best Resource Paper Award Runner-Up] **R. Jiang**, D. Yin, Z. Wang, Y.

- Wang, J. Deng, H. Liu, Z. Cai, J. Deng, X. Song, R. Shibasaki, "DL-Traff: Survey and Benchmark of Deep Learning Models for Urban Traffic Prediction", Proc. of 30th ACM International Conference on Information and Knowledge Management (CIKM), 2021. <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3459637.3482000>
- ✚ [ICDE21] Z. Wang, T. Xia, **R. Jiang (Corresponding Author)**, X. Liu, K. Kim, X. Song, R. Shibasaki, "Forecasting Ambulance Demand with Profiled Human Mobility via Heterogeneous Multi-graph Convolution Network", Proc. of the 37th IEEE International Conference on Data Engineering (ICDE), 2021. <http://doi.org/10.1109/ICDE51399.2021.00154>
- ✚ [IEEE TKDE21] **R. Jiang**, Z. Cai, Z. Wang, C. Yang, Z. Fan, Q. Chen, K. Tsubouchi, X. Song, and R. Shibasaki. "DeepCrowd: A Deep Model for Large-Scale Citywide Crowd Density and Flow Prediction." IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering (TKDE), 2021. <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=9422199>
- ✚ [ACM TDS21] **R. Jiang**, X. Song, Z. Fan, T. Xia, Z. Wang, Q. Chen, Z. Cai, R. Shibasaki, "Transfer Urban Human Mobility via POI Embedding over Multiple Cities", ACM/IMS Trans. Data Sci. 2, 1, Article 04 (2021). <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3416914>
- ✚ [SIGSPATIAL20] Q. Chen, **R. Jiang (Equal Contribution)**, Y. Chuang, Z. Cai, Z. Fan, K. Tsubouchi, R. Shibasaki X. Song, "DualSIN: Dual Sequential Interaction Network for Human Intentional Mobility Prediction", Proc. of 28th ACM SIGSPATIAL International Conference on Advances in Geographic Information Systems (SIGSPATIAL), 2020. <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3397536.3422221>

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 0件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Jiang Renhe, Song Xuan, Fan Zipei, Xia Tianqi, Wang Zhaonan, Chen Quanjun, Cai Zekun, Shibasaki Ryosuke	4. 巻 2
2. 論文標題 Transfer Urban Human Mobility via POI Embedding over Multiple Cities	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ACM/IMS Transactions on Data Science	6. 最初と最後の頁 1~26
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1145/3416914	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Jiang Renhe, Cai Zekun, Wang Zhaonan, Yang Chuang, Fan Zipei, Chen Quanjun, Tsubouchi Kota, Song Xuan, Shibasaki Ryosuke	4. 巻 0
2. 論文標題 DeepCrowd: A Deep Model for Large-Scale Citywide Crowd Density and Flow Prediction	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering	6. 最初と最後の頁 1~1
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/TKDE.2021.3077056	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Wang Zhaonan, Xia Tianqi, Jiang Renhe, Liu Xin, Kim Kyoung-Sook, Song Xuan, Shibasaki Ryosuke	4. 巻 -
2. 論文標題 Forecasting Ambulance Demand with Profiled Human Mobility via Heterogeneous Multi-Graph Neural Networks	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of the 37th IEEE International Conference on Data Engineering (ICDE)	6. 最初と最後の頁 1751~1762
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/ICDE51399.2021.00154	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Wang Zhaonan, Jiang Renhe, Cai Zekun, Fan Zipei, Liu Xin, Kim Kyoung-Sook, Song Xuan, Shibasaki Ryosuke	4. 巻 -
2. 論文標題 Spatio-Temporal-Categorical Graph Neural Networks for Fine-Grained Multi-Incident Co-Prediction	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of 30th ACM International Conference on Information and Knowledge Management (CIKM)	6. 最初と最後の頁 2060~2069
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1145/3459637.3482482	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Jiang Renhe, Yin Du, Wang Zhaonan, Wang Yizhuo, Deng Jiwen, Liu Hangchen, Cai Zekun, Deng Jinliang, Song Xuan, Shibasaki Ryosuke	4. 巻 -
2. 論文標題 DL-Traff: Survey and Benchmark of Deep Learning Models for Urban Traffic Prediction	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of 30th ACM International Conference on Information and Knowledge Management (CIKM)	6. 最初と最後の頁 4515 ~ 4525
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1145/3459637.3482000	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Jiang Renhe, Cai Zekun, Wang Zhaonan, Yang Chuang, Fan Zipei, Chen Qunjun, Song Xuan, Shibasaki Ryosuke	4. 巻 13
2. 論文標題 Predicting Citywide Crowd Dynamics at Big Events: A Deep Learning System	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology	6. 最初と最後の頁 1 ~ 24
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1145/3472300	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Chen Qunjun, Jiang Renhe, Yang Chuang, Cai Zekun, Fan Zipei, Tsubouchi Kota, Shibasaki Ryosuke, Song Xuan	4. 巻 -
2. 論文標題 DualSIN: Dual Sequential Interaction Network for Human Intentional Mobility Prediction	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of 28th ACM SIGSPATIAL International Conference on Advances in Geographic Information Systems (SIGSPATIAL)	6. 最初と最後の頁 283 ~ 292
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1145/3397536.3422221	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------