Tinjauan Pustaka Telematika Sistem Cerdas Kendaraan Berbasis *Internet of Things* dan Ponsel Pintar

Qornain Aji  
Departemen Teknik Elektro dan Teknologi Informasi,  
Universitas Gadjah MadaYogyakarta, Indonesia  
qornain.aji@mail.ugm.ac.id

*Abstract*—Kepemilikan ponsel pintar telah membentuk kepribadian umat manusia, begitu juga dengan cara kita berkendara. Ponsel pintar telah mengubah pengalaman berkendara, cara kita berpikir tentang asuransi kendaraan, sistem keamanan kendaraan, dan lalu lintas. Penggunaan algoritma *Machine Learning*. Namun, berbagai kemajuan telematika berbasis ponsel pintar menimbulkan berbagai permasalahan aspek implementasi yang ramah serta masalah yang timbul akibat mobilitas dari ponsel pintar itu sendiri. Tinjauan pustaka ini memberikan tanggapan mengenai penelitian yang akan dilakukan ke depannya.

Keywords—Internet of Things, telematika, kendaraan, ponsel pintar, navigasi kendaraan

# Pendahuluan

Bidang IoT (Internet of Things) adalah bidang yang berkembang dengan sangat pesat. Dengan IoT, peralatan rumah tangga dan peralatan kesehatan, hingga ke kendaraan dan alat pemantau lingkungan akan bisa terhubung dengan internet [1]. Perangkat atau peralatan yang terhubung ke internet tersebut dapat mengirimkan laporan data dan bisa mengambil tindakan yang bersesuaian. Laporan tersebut dapat menghasilkan sebuah data yang sangat besar sehingga dapat digunakan untuk keperluan analisa pola kebiasaan perangkat, kondisi lingkungan, dan performa dari perangkat itu sendiri. Studi menyebutkan bahwa pada tahun 2020, perangkat yang terhubung ke internet diprediksi mencapai 13 miliar [1]. Studi lanjut menyebutkan bahwa pemicu dari peningkatan perangkat yang terhubung ke internet adalah ponsel pintar [1].

Perangkat IoT juga sering disematkan pada ponsel pintar. Ponsel pintar sendiri memanfaatkan *software* aplikasi untuk menyamai kemampuan komputer dan mobilitas dari telpon seluler. Jika kita melihat perkembangan ponsel pintar dengan kemunculan iPhone generasi pertama dan Nokia N95, ponsel pintar telah menjadi bagian dari kehidupan sosial kita. Perkembangan ponsel pintar yang sangat pesat ini memiliki penjelasan, terutama karena ponsel pintar memiliki banyak sensor yang ditanamkan pada perangkatnya serta memberikan pengiriman data secara *wireless* dan interaksi sosial di dalamnya. Pemanfaatan ponsel pintar sebagai perangkat untuk mengambil koleksi data salah satunya berada pada bidang telematika.

Berkat dari perkembangan ponsel pintar yang tidak berhenti, industri kendaraan dan navigasi telah menemukan cara baru untuk mengambil data yang akan bermanfaat bagi pemilik kendaraan dan masyarakat. Dengan perolehan data baru tersebut, dilakukan penelitian secara besar-besaran baik dalam proyek industri maupun proyek akademik. Menurut studi yang dilakukan beberapa waktu lalu, pada 2020 diprediksi sebanyak 263 miliar dollar nilai pasar dari bidang IoT [1], 45 miliar dollar merupakan bidang telematika kendaraan [1]. Hal ini menunjukkan potensi industri di bidang telematika kendaraan.

Keuntungan dari telematika kendaraan berbasis ponsel pintar adalah murah, mudah ditingkatkan, dan mudah dilakukan penskalaan. Ponsel pintar juga merupakan perangkat yang dapat memberikan masukan kepada pengemudi secara audio-visual serta memberikan integrasi pada layanan telematika dengan *social network* yang telah ada. Pendeknya umur dari jangka waktu penggunaan ponsel pintar dibandingkan dengan jangka waktu penggunaan kendaraan menjadikan ponsel pintar sebagai media untuk menawarkan berbagai kemanfaatan.

Salah satu pemanfaatan ponsel pintar yang telah disematkan perangkat IoT adalah untuk memprediksi arus lalu lintas. Prediksi arus lalu lintas dianggap sebagai masalah yang menantang dalam perencanaan transportasi dan sistem navigasi mobil. Arus lalu lintas dalam jaringan dapat diperkirakan menggunakan data arus lalu lintas historis [2]. Namun, prediksi arus lalu lintas tidak dapat hanya mengandalkan data lalu lintas masa lalu karena alasan berikut: 1) Peristiwa lalu lintas di jalan seperti kecelakaan, penutupan jalan, dll., mempengaruhi arus lalu lintas di jaringan, dan belum jelas diketahui penyebabnya, 2) parameter-parameter yang terjadi di luar jalan dapat berdampak besar pada arus lalu lintas dan mungkin tidak dimasukkan dalam data historis, dan 3) data lalu lintas tidak semuanya tersedia karena sebagian besar titik-titik jalan tidak dilengkapi dengan sensor lalu lintas [2].

Gangguan arus lalu lintas yang mempengaruhi perkiraan aliran kendaraan pada lalu lintas dapat dikategorikan sebagai dapat diprediksi dan tidak dapat diprediksi. Gangguan yang dapat diprediksi termasuk sinyal lalu lintas, rambu berhenti, layanan angkutan umum, acara olahraga terjadwal, konser musik, pembangunan/perbaikan jalan, dll. Gangguan yang tidak dapat diprediksi termasuk kecelakaan lalu lintas, kerusakan, dan penutupan jalan darurat. Dampak gangguan terhadap arus lalu lintas tergantung pada lokasi, durasi gangguan, dan permintaan pada saat gangguan. Studi mengenai dampak gangguan jenis ini terhadap arus lalu lintas meliputi [4]-[5][6].

Masalah yang muncul adalah apakah kita dapat memprediksi arus lalu lintas sebelumnya dengan memberikan informasi historis lalu lintas, informasi tentang acara terjadwal, dan data lalu lintas waktu nyata jika tersedia. Pada prinsipnya, karena gangguan yang tidak dapat diprediksi, prediksi jangka panjang mungkin tidak cukup akurat untuk penggunaan praktis yang handal. Namun, prediksi lalu lintas jangka pendek, jika dilakukan dengan benar, dapat mencapai tingkat akurasi yang berguna untuk beberapa aplikasi jika dibandingkan dengan tanpa prediksi atau prediksi yang tidak akurat.

Ada banyak penelitian dalam literatur mengenai prediksi arus lalu lintas jangka pendek. Model peramalan jangka pendek termasuk model non-linier seperti model jaringan saraf [7]– [8] [9] [10] [11] dan model linier seperti filter Kalman [12]– [13] [14] [15] [16] dan model rata-rata bergerak terintegrasi autoregresif (ARIMA) [17]– [18] [19] [20]. Model ARIMA merupakan penduga linier berdasarkan nilai masa lalu dari deret waktu yang dimodelkan [21]. Sifat data dan jenis aplikasi menentukan metode pemodelan yang digunakan untuk prediksi lalu lintas. Schmitt dan Jula [22] menyelidiki keterbatasan model linier yang umum digunakan dan mengamati bahwa "waktu perjalanan masa datang dapat lebih baik diprediksi oleh prediktor gabungan." Prediktor gabungan adalah kombinasi linier dari prediktor rata-rata historis dan prediktor real-time saat ini. Gua dkk. [23] membandingkan metode pemodelan yang berbeda untuk prediksi lalu lintas jangka pendek dan menyimpulkan bahwa menggunakan metode umpan balik kesalahan dari prediksi meningkatkan akurasi prediksi dalam kondisi normal dan abnormal. Dalam studi lain, Smith et al. [24] membandingkan model parametrik (ARIMA musiman) dan nonparametrik (regresi berbasis data) yang menunjukkan bahwa "data kondisi lalu lintas bersifat stokastik, bukan *chaos*." Selain itu, dikatakan bahwa model ARIMA musiman memiliki kinerja yang lebih baik daripada model regresi nonparametrik. Selanjutnya, studi eksperimental menunjukkan bahwa model ARIMA mengungguli tolok ukur perkiraan heuristik [18]. Kinerja model ARIMA dapat ditingkatkan dengan mempertimbangkan korelasi temporal-spasial. Model multivariat diperkenalkan untuk memperhitungkan korelasi ini. Kamarianakis dan Prastacos [25] dan Min dan Wynter [26] mengusulkan model rata-rata bergerak terintegrasi autoregressive ruang-waktu untuk memenuhi keterkaitan antar tautan.

Model prediksi lalu lintas yang diberikan menjadi tidak akurat dalam kondisi sebagian datanya hilang. *Missing data* menunjukkan tidak tersedianya data lalu lintas untuk jangka waktu tertentu di suatu bagian jaringan transportasi karena kerusakan sensor atau data yang tercemar *noise*. Masalah ini sering terjadi pada jaringan transportasi [27]– [28] [29]. Banyak penelitian membahas masalah prediksi lalu lintas dengan sebagian data lalu lintas yang hilang. Misalnya, van Lint et al. [7] menyajikan jaringan saraf untuk prediksi waktu perjalanan dalam kondisi data lalu lintas yang hilang. Matahari dkk. [30] memperkenalkan metode Bayesian untuk meramalkan arus lalu lintas di mana periode tertentu data historis hilang untuk beberapa tautan jaringan transportasi. Bagian yang hilang dari data histori lalu lintas diperkirakan dengan menggunakan model campuran Gaussian. Selain itu, metode statistik dan probabilistik lainnya juga digunakan untuk mengatasi masalah data lalu lintas yang hilang [31]- [32] [33] [34] [35] [36] [37]. Namun, muncul permasalahan yaitu metode-metode di atas tidak berlaku untuk jaringan transportasi dengan data arus lalu lintas yang besar, karena hanya menggunakan metode berbasis pewaktuan yang sederhana. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan mencari algoritma berbasis pewaktuan yang sesuai yang bisa menyelesaikan prediksi arus lalu lintas pada data set yang besar.

Penelitian ini kemudian dibagi menjadi empat bagian, yakni Bab 1 adalah Pendahuluan, Bab II adalah Metodologi Penelitian, Bab III merupakan Hasil dan Pembahasan, dan Bab IV adalah Kesimpulan

# Metodologi Penelitian

## Pertanyaan Penelitian

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perkembangan terkini dari telematika sistem cerdas kendaraan berbasis IOTdan ponsel pintar di bidang navigasi. Oleh karena itu, pertanyaan penelitian berikut digunakan untuk melakukan tinjauan pustaka ini.

RQ1: Apa tren penelitian mengenai telematika kendaraan berbasis IOT dan ponsel pintar dari 2017 hingga 2021?

Tujuan: Mengidentifikasi metode-metode telematika kendaraan berbasis IOT dan ponsel pintar.

RQ2: Mencari metode-metode yang diusulkan untuk mengatasi masalah telematika kendaraan berbasis IOT dan ponsel pintar?

Tujuan: Mengidentifikasi dan mengklasifikasikan metode-metode yang telah digunakan pada penelitian sebelumnya. Penelitian ini juga bermaksud untuk meninjau kelebihan dan kekurangan metode, serta pembahasannya.

## Strategi Pencarian

Kata kunci juga digunakan seperti “Internet of Things” dan dengan manual memfilter dengan memilih rentang tahun studi mulai dari 2017 hingga 2021. Substring yang digunakan adalah “Traffic Flow Prediction”. Penyortiran dilanjutkan dengan memilih jurnal IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. Tabel string pencarian dapat dibuat, seperti Tabel 1.

1. Search String

| Concept | Sub-string | Connector |
| --- | --- | --- |
| Internet of Things | Traffic Flow Prediction | - |

## Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Beberapa syarat inklusi dan eksklusi dalam tinjauan pustaka ini juga digunakan untuk memfokuskan topik penelitian. Metode inklusi dan eksklusi sangat penting dilakukan agar tinjauan pustaka menjadi lebih efektif sehingga waktu yang dibutuhkan untuk mereview literatur menjadi lebih singkat dan efisien. Beberapa dari inklusi adalah:

IC1. Artikel mengenai telematika berkendara berbasis ponsel pintar.

IC2. Artikel yang diterbitkan dalam rentang 2017 hingga 2021.

IC3. Artikel yang diakses dari IEEE Xplore.

IC4. Artikel yang diterbitkan pada judul publikasi IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems.

IC5. Artikel yang menggunakan solusi Deep Learning dan Machine Learning sebagai solusi memprediksi arus lalu lintas.

Beberapa dari kriteria eksklusi adalah sebagai berikut:

EC1. Artikel yang diterbitkan oleh selain dari IEEE Xplore.

EC2. Artikel yang bukan memiliki judul publikasi Transactions on Intelligent Transportation Systems.

EC3. Sumber studi yang berasal dari editorial, prolog, poster, wawancara, dan berita.

EC4. Artikel yang membahas di luar topik telematika kendaraan berbasis ponsel pintar.

EC5. Studi yang berbahasa selain Bahasa Inggris.

## Proses Penseleksian

Dalam tinjauan pustaka ini, perpustakaan digital yang digunakan adalah IEEE Xplore dengan pilihan jurnal IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. Pencarian literatur studi diawali dengan menemukan 76 studi. Proses penyaringan dilakukan dengan metode inklusi dan eksklusi hingga akhirnya mendapatkan 3 studi relevan yang berkaitan dengan penggunaan ponsel pintar pada layanan telematika kendaraan. Lalu, dilakukan analisa dan metode sintesis terhadap studi tersebut untuk menjawab pertanyaan di atas.

# Hasil dan Pembahasan

Hasil dan pembahasan dari tinjauan pustaka ini dilakukan secara menyeluruh. Pertanyaan-pertanyaan penelitian dijawab dalam bagian Hasil dan Pembahasan. Untuk memperjelas dalam membahas hasil penelitian, terdapat tabel dan grafik yang digunakan untuk membantu penelitian ini. Tabel dan grafik tersebut diharapkan dapat membantu pembaca dalam menangkap isi bacaan dan mampu mengambil tantangan ke depannya dalam mengembangkan penelitian dalam bidang ini lebih lanjut.

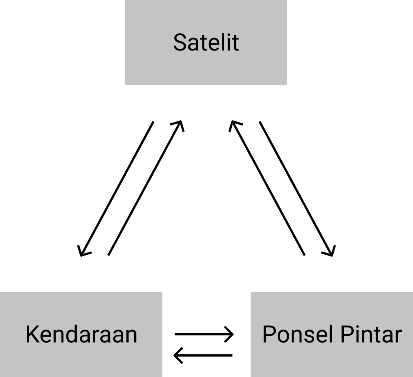
## RC1: Apa tren penelitian mengenai telematika kendaraan berbasis IOT dan ponsel pintar dari 2017 hingga 2021?

Tantangan dari sensor dan algoritma navigasi pada layanan telematika berbasis ponsel pintar terdesak tidak hanya pada dinamika kendaraan, tetapi pada orientasi, posisi, dan pergerakan dari ponsel pintar terhadap kendaraan tersebut []. Peneliti dan desainer dituntut untuk bisa membuat model yang dapat memperkirakan posisi dan orientasi ponsel pintar terhadap kendaraan []. Lalu, perkembangan apa saja yang dapat dilakukan untuk memperbaiki sistem navigasi pada layanan telematika kendaraan?

Pada ponsel pintar, terdapat sensor yang bernama *inertial navigation system atau* INS yang menggabungkan sensor penerima *Global Networking Satellite System* (GNSS) dan sensor *inertial measurement unit* (IMU). Secara umum, GNSS yang tertanam pada INS dapat memberikan informasi estimasi posisi, kecepatan, dan orientasi kendaraan secara 3 dimensional [113]. Tantangan pertama yang harus dihadapi adalah orientasi dari ponsel pintar relatif berbeda dibandingkan orientasi dari kendaraan. Karena itu, diperlukan estimasi yang menghubungkan orientasi ponsel pintar dengan kendaraan.

Di dalam [paper 1], dijelaskan bahwa selama proses estimasi orientasi, ponsel pintar harus berada pada kendaraan secara tetap dan pengukuran orientasi menggunakan IMU dari kendaraan yang sudah pasti dan sudah selaras terhadap badan dari mobil. Solusi lainnya adalah dengan menggunakan komponen utama seperti *accelerometer measurement* dan *gyroscope measurement*. Variasi dari pengukuran accelerometer terkonsentrasi pada arah longitudinal dan arah lateral kendaraan dengan mengukur percepatan-perlambatan kendaraan dan pembelokan kendaraan. Variasi dari pengukuran gyroscope berada pada sumbu Z dan sumbu Y yang mengasosiasikan pembelokan kendaraan dan kemiringan suatu jalan.

**Fig. 1.** Relasi antara kendaraan, ponsel pintar dan sistem navigasi dalam estimasi posisi, orientasi, dan kecepatan ponsel pintar terhadap kendaraan.



Dengan asosiasi seperti yang ditunjukkan pada Fig. 1., orientasi ponsel pintar terhadap kendaraan dapat dipastikan dan memungkinkan untuk memperkirakan besarnya akselerasi dan arahnya dari pengukuran IMU. Walaupun keselarasan sensor pada ponsel pintar terhadap kendaraan sangat akurat saat ponsel pintar berada tetap pada kendaraan, prosesnya dipersulit saat posisi ponsel pintar yang berpindah-pindah selama perjalanan di dalam kendaraan. Terlebih lagi, pengguna yang mengambil dan menggunakan ponsel mereka selama perjalanan dapat menghasilkan akselerasi yang sangat besar yang terbaca pada sensor accelerometer dibandingkan kendaraan itu sendiri []. Solusi untuk permasalahan ini adalah dengan menghilangkan fungsi IMU saat ponsel mendeteksi saat mendeteksi pergerakan ponsel pintar terhadap kendaraan yang berlebihan selama perjalanan dan inisialisasi ulang IMU saat ponsel terdeteksi diam terhadap kendaraannya lagi []. Sebenarnya, data dari GNSS sudah bisa digunakan untuk membaca posisi dan perkiraan kecepatan tanpa perlu menggunakan IMU. Namun, rendahnya siklus transmisi data dan ketidakmampuan membaca orientasi dari ponsel pintar merupakan kelemahan dari *stand-alone* GNSS [ paper 1].

Hal ini membuat para peneliti dan perusahaan industri dituntut untuk mengembangkan algoritma yang dapat mengoptimalkan data yang terbaca dari IMU ponsel pintar dan kendaraan agar berkurangnya error dari hasil estimasi. Bidang lain yang perlu diberikan estimasi adalah mengenai peta dan jalur dari kendaraan itu sendiri.

Kemampuan navigasi dalam memperkirakan alur lalu lintas ke depan merupakan salah satu tujuan dari telematika kendaraan berbasis ponsel pintar. Hal ini dapat mengurangi, bahkan menghilangkan kemacetan jika dilakukan penanganan yang tepat. Dalam [paper 2], mengusulkan skema *hybrid traffic flow prediction* berdasarkan algoritma cerdas *Long Short Term Memory* (LSTM) dan *Sparse Auto-Encoder* (SAE).

## Units

* Use either SI (MKS) or CGS as primary units. (SI units are encouraged.) English units may be used as secondary units (in parentheses). An exception would be the use of English units as identifiers in trade, such as “3.5-inch disk drive”.
* Avoid combining SI and CGS units, such as current in amperes and magnetic field in oersteds. This often leads to confusion because equations do not balance dimensionally. If you must use mixed units, clearly state the units for each quantity that you use in an equation.
* Do not mix complete spellings and abbreviations of units: “Wb/m2” or “webers per square meter”, not “webers/m2”. Spell out units when they appear in text: “. . . a few henries”, not “. . . a few H”.

Identify applicable funding agency here. If none, delete this text box.

* Use a zero before decimal points: “0.25”, not “.25”. Use “cm3”, not “cc”. (*bullet list*)

## Equations

The equations are an exception to the prescribed specifications of this template. You will need to determine whether or not your equation should be typed using either the Times New Roman or the Symbol font (please no other font). To create multileveled equations, it may be necessary to treat the equation as a graphic and insert it into the text after your paper is styled.

Number equations consecutively. Equation numbers, within parentheses, are to position flush right, as in (1), using a right tab stop. To make your equations more compact, you may use the solidus ( / ), the exp function, or appropriate exponents. Italicize Roman symbols for quantities and variables, but not Greek symbols. Use a long dash rather than a hyphen for a minus sign. Punctuate equations with commas or periods when they are part of a sentence, as in:

*a**b* 

Note that the equation is centered using a center tab stop. Be sure that the symbols in your equation have been defined before or immediately following the equation. Use “(1)”, not “Eq. (1)” or “equation (1)”, except at the beginning of a sentence: “Equation (1) is . . .”

## Some Common Mistakes

* The word “data” is plural, not singular.
* The subscript for the permeability of vacuum **0, and other common scientific constants, is zero with subscript formatting, not a lowercase letter “o”.
* In American English, commas, semicolons, periods, question and exclamation marks are located within quotation marks only when a complete thought or name is cited, such as a title or full quotation. When quotation marks are used, instead of a bold or italic typeface, to highlight a word or phrase, punctuation should appear outside of the quotation marks. A parenthetical phrase or statement at the end of a sentence is punctuated outside of the closing parenthesis (like this). (A parenthetical sentence is punctuated within the parentheses.)
* A graph within a graph is an “inset”, not an “insert”. The word alternatively is preferred to the word “alternately” (unless you really mean something that alternates).
* Do not use the word “essentially” to mean “approximately” or “effectively”.
* In your paper title, if the words “that uses” can accurately replace the word “using”, capitalize the “u”; if not, keep using lower-cased.
* Be aware of the different meanings of the homophones “affect” and “effect”, “complement” and “compliment”, “discreet” and “discrete”, “principal” and “principle”.
* Do not confuse “imply” and “infer”.
* The prefix “non” is not a word; it should be joined to the word it modifies, usually without a hyphen.
* There is no period after the “et” in the Latin abbreviation “et al.”.
* The abbreviation “i.e.” means “that is”, and the abbreviation “e.g.” means “for example”.

An excellent style manual for science writers is [7].

# Using the Template

After the text edit has been completed, the paper is ready for the template. Duplicate the template file by using the Save As command, and use the naming convention prescribed by your conference for the name of your paper. In this newly created file, highlight all of the contents and import your prepared text file. You are now ready to style your paper; use the scroll down window on the left of the MS Word Formatting toolbar.

## Authors and Affiliations

**The template is designed for, but not limited to, six authors.** A minimum of one author is required for all conference articles. Author names should be listed starting from left to right and then moving down to the next line. This is the author sequence that will be used in future citations and by indexing services. Names should not be listed in columns nor group by affiliation. Please keep your affiliations as succinct as possible (for example, do not differentiate among departments of the same organization).

### For papers with more than six authors: Add author names horizontally, moving to a third row if needed for more than 8 authors.

### For papers with less than six authors: To change the default, adjust the template as follows.

#### Selection: Highlight all author and affiliation lines.

#### Change number of columns: Select the Columns icon from the MS Word Standard toolbar and then select the correct number of columns from the selection palette.

#### Deletion: Delete the author and affiliation lines for the extra authors.

## Identify the Headings

Headings, or heads, are organizational devices that guide the reader through your paper. There are two types: component heads and text heads.

Component heads identify the different components of your paper and are not topically subordinate to each other. Examples include Acknowledgments and References and, for these, the correct style to use is “Heading 5”. Use “figure caption” for your Figure captions, and “table head” for your table title. Run-in heads, such as “Abstract”, will require you to apply a style (in this case, italic) in addition to the style provided by the drop down menu to differentiate the head from the text.

Text heads organize the topics on a relational, hierarchical basis. For example, the paper title is the primary text head because all subsequent material relates and elaborates on this one topic. If there are two or more sub-topics, the next level head (uppercase Roman numerals) should be used and, conversely, if there are not at least two sub-topics, then no subheads should be introduced. Styles named “Heading 1”, “Heading 2”, “Heading 3”, and “Heading 4” are prescribed.

## Figures and Tables

#### Positioning Figures and Tables: Place figures and tables at the top and bottom of columns. Avoid placing them in the middle of columns. Large figures and tables may span across both columns. Figure captions should be below the figures; table heads should appear above the tables. Insert figures and tables after they are cited in the text. Use the abbreviation “Fig. 1”, even at the beginning of a sentence.

1. Table Type Styles

| Table Head | Table Column Head | | |
| --- | --- | --- | --- |
| Table column subhead | Subhead | Subhead |
| copy | More table copya |  |  |

1. Sample of a Table footnote. (*Table footnote*)
2. Example of a figure caption. (*figure caption*)

Figure Labels: Use 8 point Times New Roman for Figure labels. Use words rather than symbols or abbreviations when writing Figure axis labels to avoid confusing the reader. As an example, write the quantity “Magnetization”, or “Magnetization, M”, not just “M”. If including units in the label, present them within parentheses. Do not label axes only with units. In the example, write “Magnetization (A/m)” or “Magnetization {A[m(1)]}”, not just “A/m”. Do not label axes with a ratio of quantities and units. For example, write “Temperature (K)”, not “Temperature/K”.

##### Acknowledgment *(Heading 5)*

The preferred spelling of the word “acknowledgment” in America is without an “e” after the “g”. Avoid the stilted expression “one of us (R. B. G.) thanks ...”. Instead, try “R. B. G. thanks...”. Put sponsor acknowledgments in the unnumbered footnote on the first page.

##### References

The template will number citations consecutively within brackets [1]. The sentence punctuation follows the bracket [2]. Refer simply to the reference number, as in [3]—do not use “Ref. [3]” or “reference [3]” except at the beginning of a sentence: “Reference [3] was the first ...”

Number footnotes separately in superscripts. Place the actual footnote at the bottom of the column in which it was cited. Do not put footnotes in the abstract or reference list. Use letters for table footnotes.

Unless there are six authors or more give all authors’ names; do not use “et al.”. Papers that have not been published, even if they have been submitted for publication, should be cited as “unpublished” [4]. Papers that have been accepted for publication should be cited as “in press” [5]. Capitalize only the first word in a paper title, except for proper nouns and element symbols.

For papers published in translation journals, please give the English citation first, followed by the original foreign-language citation [6].

1. J. Wahlström, I. Skog and P. Händel, "Smartphone-Based Vehicle Telematics: A Ten-Year Anniversary," in IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, vol. 18, no. 10, pp. 2802-2825, Oct. 2017.
2. A. Abadi, T. Rajabioun and P. A. Ioannou, "Traffic Flow Prediction for Road Transportation Networks With Limited Traffic Data," in IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, vol. 16, no. 2, pp. 653-662, April 2015.
3. C. Chen, Z. Liu, S. Wan, J. Luan and Q. Pei, "Traffic Flow Prediction Based on Deep Learning in Internet of Vehicles," in IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, vol. 22, no. 6, pp. 3776-3789, June 2021, doi: 10.1109/TITS.2020.3025856.
4. RAND, Moving Los Angeles: Short-Term Transportation Policy Options for Improving Transportation, RAND Corporation, 2008.
5. “Traffic choices study: Summary report,” Seattle, WA, USA, 2008.
6. T. P. Mamuneas and M. I. Nadri, “Contribution of highway capital to industry and national productivity growth,” Transportation Research Board, Washington, DC, USA, 1996.
7. J. W. C. van Lint, S. P. Hoogendoorn, and H. J. van Zuylen, “Accurate freeway travel time prediction with state-space neural networks under missing data,” Transp. Res. Part C Emerg. Technol., vol. 13, no. 5/6, pp. 347–369, Oct.–Dec. 2005.
8. J. Yu, G.-L. Chang, H. W. Ho, and Y. Liu, “Variation based online travel time prediction using clustered neural networks,” in Proc. 11th Int. IEEE Conf. Intell. Transp. Syst., Oct. 2008, pp. 85–90.
9. K. Y. Chan, T. S. Dillon, J. Singh, and E. Chang, “Neural-network-based models for short-term traffic flow forecasting using a hybrid exponential smoothing and Levenberg–Marquardt algorithm,” IEEE Trans. Intell. Transp. Syst., vol. 13, no. 2, pp. 644–654, Jun. 2012.
10. D. Park, L. R. Rilett, and G. Han, “Spectral basis neural networks for realtime travel time forecasting,” J. Transp. Eng., vol. 125, no. 6, pp. 515–523, Nov. 1999.
11. Q. Y. Q. Ye, S. C. Wong, and W. Y. Szeto, “Short-term traffic speed forecasting based on data recorded at irregular intervals,” in Proc. 13th Int. IEEE Conf. ITSC, 2010, pp. 1541–1546.
12. I. Okutani, “The Kalman filtering approaches in some transportation and traffic problems,” Transp. Res. Rec., vol. 2, no. 1, pp. 397–416, 1987.
13. Y. Xie, Y. Zhang, and Z. Ye, “Short-term traffic volume forecasting using Kalman filter with discrete wavelet decomposition,” Comput.-Aided Civil Infrastruct. Eng., vol. 22, no. 5, pp. 326–334, Jul. 2007.
14. I. Okutani and Y. J. Stephanedes, “Dynamic prediction of traffic volume through Kalman filtering theory,” Transp. Res. Part B Methodol., vol. 18, no. 1, pp. 1–11, 1984.
15. H. J. H. Ji, A. X. A. Xu, X. S. X. Sui, and L. L. L. Li, “The applied research of Kalman in the dynamic travel time prediction,” in Proc.18th Int. Conf. Geoinformat., 2010, pp. 1–5.
16. Y. Wang and M. Papageorgiou, “Real-time freeway traffic state estimation based on extended Kalman filter: A general approach,” Transp. Res. Part B Methodol., vol. 39, no. 2, pp. 141–167, Feb. 2005.
17. M. Van Der Voort, M. Dougherty, and S. Watson, “Combining Kohonen maps with ARIMA time series models to forecast traffic flow,” Transp. Res. Part C Emerg. Technol., vol. 4, no. 5, pp. 307–318, Oct. 1996.
18. B. M. Williams, M. Asce, L. A. Hoel, and F. Asce, “Modeling and forecasting vehicular traffic flow as a seasonal ARIMA process: Theoretical basis and empirical results,” J. Transp. Eng., vol. 129, no. 6, pp. 664–672, Nov. 2003.
19. D. Billings and J. S. Yang, “Application of the ARIMA models to urban roadway travel time,” in Proc. IEEE Int. Conf. Syst., Man, Cybern., 2006, pp. 2529–2534.
20. C. Chen, J. Hu, Q. Meng, and Y. Zhang, “Short-time traffic flow prediction with ARIMA-GARCH model,” in Proc. IEEE Intell. Veh. Symp., 2011, pp. 607–612.
21. B. M. Williams, P. K. Durvasula, and D. E. Brown, “Urban freeway traffic flow prediction application of seasonal autoregressive integrated,” Transp. Res. Rec., vol. 1644, pp. 132–141, 1998.
22. E. J. Schmitt and H. Jula, “On the limitations of linear models in predicting travel times,” in Proc. IEEE Intell. Transp. Syst. Conf., Sep. 2007, pp. 830–835.
23. F. Guo, J. W. Polak, and R. Krishnan, “Comparison of modeling approaches for short term traffic prediction under normal and abnormal conditions,” in Proc. 13th Int. IEEE Conf. Intell. Transp. Syst., 2010, pp. 1209–1214.
24. B. L. Smith, B. M. Williams, and R. Keith Oswald, “Comparison of parametric and nonparametric models for traffic flow forecasting,” Transp. Res. Part C Emerging Technol., vol. 10, no. 4, pp. 303–321, Aug. 2002.
25. Y. Kamarianakis and P. Prastacos, “Space–time modeling of traffic flow,” Comput. Geosci., vol. 31, no. 2, pp. 119–133, Mar. 2005.
26. W. Min and L. Wynter, “Real-time road traffic prediction with spatiotemporal correlations,” Transp. Res. Part C Emerging Technol., vol. 19, no. 4, pp. 606–616, Aug. 2011.
27. L. Q. L. Qu, J. H. J. Hu, L. L. L. Li, and Y. Z. Y. Zhang, “PPCAbased missing data imputation for traffic flow volume: A systematical approach,” IEEE Trans. Intell. Transp. Syst., vol. 10, no. 3, pp. 512–522, Sep. 2009.
28. C. Chen, Y. Wang, L. Li, J. Hu, and Z. Zhang, “The retrieval of intra-day trend and its influence on traffic prediction,” Transp. Res. Part C Emerging Technol., vol. 22, pp. 103–118, 2012.
29. B. Smith, W. Scherer, and J. Conklin, “Exploring imputation techniques for missing data in transportation management systems,” Transp. Res. Rec., vol. 1836, pp. 132–142, 2003.
30. S. Sun, C. Zhang, G. Yu, N. Lu, and F. Xiao, “Bayesian network methods for traffic flow forecasting with incomplete data,” in Proc. Mach. Learn., ECML, 2004, pp. 419–428.
31. L. Li, Y. Li, and Z. Li, “Efficient missing data imputing for traffic flow by considering temporal and spatial dependence,” Transp. Res. Part C Emerging Technol., vol. 34, pp. 108–120, 2013.
32. J. Haworth and T. Cheng, “Non-parametric regression for space–time forecasting under missing data,” Comput. Environ. Urban Syst., vol. 36, no. 6, pp. 538–550, Nov. 2012.
33. H. Tan et al., “A tensor-based method for missing traffic data completion,” Transp. Res. Part C Emerging Technol., vol. 28, pp. 15–27, Mar. 2013.
34. A. Khosravi et al., “Prediction intervals to account for uncertainties in travel time prediction,” IEEE Trans. Intell. Transp. Syst., vol. 12, no. 2, pp. 537–547, Jun. 2011.
35. S. S. S. Sun and C. Z. C. Zhang, “The selective random subspace predictor for traffic flow forecasting,” IEEE Trans. Intell. Transp. Syst., vol. 8, no. 2, pp. 367–373, Jun. 2007.
36. S. Sun and X. Xu, “Variational inference for infinite mixtures of Gaussian processes with applications to traffic flow prediction,” IEEE Trans. Intell. Transp. Syst., vol. 12, no. 2, pp. 466–475, Jun. 2011.
37. S. Sun, R. Huang, and Y. Gao, “Network-scale traffic modeling and forecasting with graphical lasso and neural networks,” J. Transp. Eng., vol. 138, no. 11, pp. 1358–1367, Nov. 2012.