Guzmán S. Autor y Manrique J. Autor

Guía turística de viaje entre ciudades con modelo multi-criterio de optimización mínimo-máximo: Presupuesto VS Número de ciudades

[[1]](#footnote-1)

*Resumen*—Este artículo consiste en hacer una descripción de la implementación de un proceso de modelado y optimización en el desarrollo de una herramienta de software que sirve como guía en un viaje entre ciudades intentando maximizar la cantidad de lugares a visitar y minimizar el presupuesto que la persona gasta en el mismo. Partiendo de un modelado matemático, verificando en herramientas de métodos computacionales (GAMS) y generando metaheurísticas apropiadas se ilustra cómo implementar un proyecto de esta magnitud y qué sería necesario para llevarlo a la realidad.

*Términos clave*—Optimización multiobjetivo, algoritmos evolutivos, modelado matemático, transporte, guía turística

# INTRODUCCIÓN

V

iajar representa una de las experiencias más enriquecedoras para el ser humano contemporáneo puesto que le ayuda a salir de su naturaleza sedentaria y le permite descubrir nuevos lugares, sabores y personas. A pesar de esto, no todos tienen las mismas preferencias o restricciones al momento de planear un viaje, es decir, parámetros como el número de días disponibles para el viaje, ciudades por visitar, presupuesto, entre otros, son muy específicos para cada viajero. Esto significa que existen numerosas maneras de ejecutar un viaje y por tanto siempre se busca que los viajes realizados sean los mejores de las alternativas disponibles.

# DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Desde el punto de vista del viajero, se busca realizar el mejor viaje posible minimizando los costos. Acá, vamos a definir un buen viaje por la cantidad de lugares visitados y por la calidad de estos. Es decir, el problema a atacar es minimizar el costo de un viaje maximizando la cantidad y la calidad de los lugares visitados. Bajo esta premisa, las variables que entran a consideración son las siguientes:

**Lugares por visitar:** Cada viajero tiene una lista de los lugares que potencialmente le gustaría visitar en su próximo viaje.

**Puntaje de lugares:** Cada lugar debe tener una puntuación que debe ser comparable con otros lugares, para poder decidir qué lugar es mejor que otro.

**Tiempo:** Un viajero dispone de una ventana limitada de tiempo para realizar su viaje.

**Costo de vida (por día):** El viajero debe costear su estadía en cada lugar que visita. Para esto, usaremos el costo de vida promedio de cada lugar.

**Costos de transporte:** Desplazarse de un lugar a otro implica unos costos. Por ahora, solo se considerarán medios terrestres.

Adicional a estos parámetros, tendremos dos más que no son necesarios, pero ayudan al viajero al momento de planear su viaje:

**Preferencias por minimizar presupuesto y maximizar calidad del viaje:** Un viajero puede decidir a qué factor del problema designarle más peso.

**Máximo número de días por lugar:** Esto, con el fin de darle al viajero el suficiente tiempo (el que considere necesario) para conocer cada lugar que visite. Es decir, el número de días presupuestados en cada lugar no debe superar este número. Este parámetro también nos permite evitar que el modelo solo considere una ciudad (la de mejor puntaje y menor costo) al forzar el cambio después de cierta cantidad de días.

**Mínimo de días por lugar:** Este número decide qué tan ‘nómada’ puede ser el viaje, dado que un bajo mínimo número de días puede resultar en desplazamientos constantes. De la manera opuesta, si es un número alto se va a reducir el movimiento entre lugares por visitar. Esto puede ser de utilidad para viajeros que no les moleste desplazarse frecuentemente o para viajeros que quieran minimizar sus desplazamientos (e.g. Viajeros con niños, discapacidades motoras o adultos mayores)

# ESTABLECIMIENTO DE OBJETIVOS

1. Identificar el mejor plan de viaje dado un conjunto de lugares (ciudades) y las demás restricciones propuestas.

2. Identificar e implementar una metaheurística que permita encontrar buenas soluciones al problema dada una restricción de tiempo de ejecución.

3. Implementar una aplicación básica que permita consumir el modelo respecto a los parámetros indicados en ella.

# FORMULACIÓN Y PLANIFICACIÓN DEL MODELO

## Conceptualización del modelo

Restricciones y definición del modelo, junto con formulación matemática. Para las ecuaciones:

Number equations consecutively with equation numbers in parentheses flush with the right margin, as in (1). First use the equation editor to create the equation. Then select the “Equation” markup style. Press the tab key and write the equation number in parentheses. To make your equations more compact, you may use the solidus ( / ), the exp function, or appropriate exponents. Use parentheses to avoid ambiguities in denominators. Punctuate equations when they are part of a sentence, as in

 (1)

Be sure that the symbols in your equation have been defined before the equation appears or immediately following. Italicize symbols (*T* might refer to temperature, but T is the unit tesla). Refer to “(1),” not “Eq. (1)” or “equation (1),” except at the beginning of a sentence: “Equation (1) is ... .”

## Adquisición de Datos

Adquisición a mano de los datos junto con la posibilidad abierta de financiación para obtenerlos de APIs.

# TRADUCCIÓN DEL MODELO

Al considerarse que el problema expuesto no se puede similar de una forma tal que muestre resultados confiables de implementación, se desarrolló una meta-heurística para una resolución más eficiente para el problema en cuestión de tiempos.

# VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN

Para el proceso de verificación del modelo se manejó el lenguaje GAMS en el ambiente de desarrollo “gamside” que permitió traducir el modelo matemático para realizar una resolución por métodos numéricos, que, a pesar de no ser óptima, es capaz de encontrar respuestas para escenarios básicos del modelo planteado anteriormente a través del solucionador BONMIN de programación entera mixta no lineal.

Por su parte, la validación consistió en generar archivos de entrada para el programa en GAMS que representaran una serie de escenarios con sus respectivos escenarios teóricamente calculados sin ayuda de alguna herramienta tecnológica. Para cada uno de estos escenarios se realizó una prueba con el programa verificador y con el código de solución explicado en la sección V de este documento, para poder validar la metaheurística generada. A continuación, se presentan los resultados obtenidos:

1. *Escenarios base 1 (Funcionamiento básico)*
   1. P2=0
   2. Mind=1 y Maxd=1
   3. d=4
   4. n=4
   5. Resto de parámetros del modelo son aleatorios

RESULTADO ESPERADO: Se escogen las 4 ciudades con 1 día por cada una independiente del orden.

RESULTADO OBTENIDO DE GAMS:

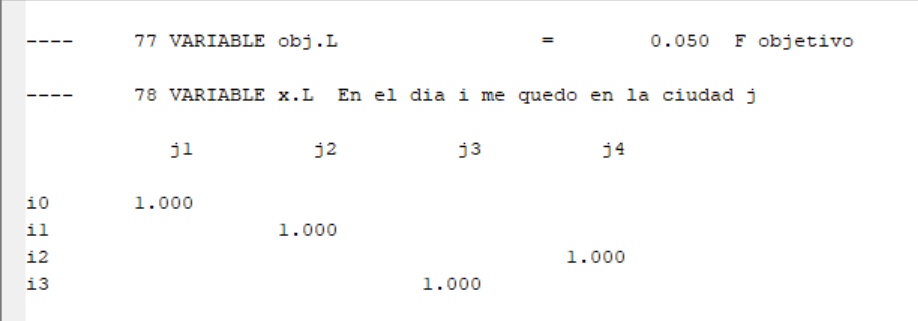


Fig 1. Resultado del escenario base 1 en GAMS

De lo anterior la ruta generada sería:

- Ciudad 1 a Ciudad 2.

- Ciudad 2 a Ciudad 4.

- Ciudad 4 a Ciudad 3.

Lo cual cumple con la estimación que habíamos generado antes.

1. *Escenario base 2 (Número de días):* 
   1. n=2
   2. mind=3
   3. maxd=5
   4. d=8
   5. s=1
   6. Puntaje(1)=10
   7. Puntaje(2)=1
   8. p1=1
   9. p2=0
   10. Los otros parámetros son aleatorios

RESULTADO ESPERADO: Se queda 5 días en la primera ciudad y 3 en la otra.

RESULTADO OBTENIDO CON GAMS:

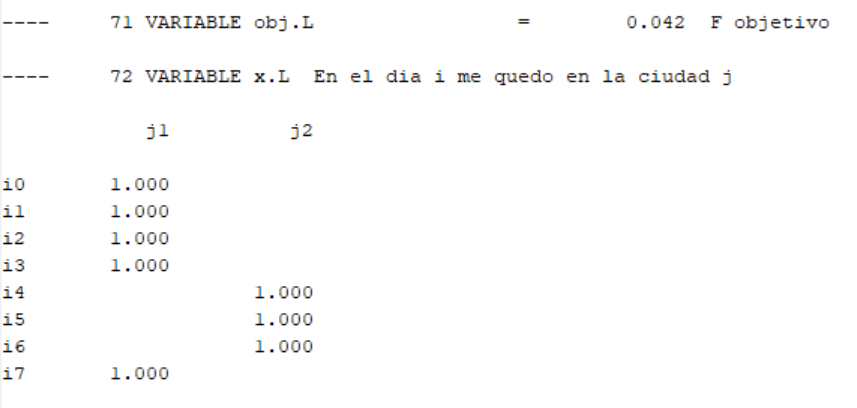


Fig 2. Resultado del escenario base 2 en GAMS

De la anterior imagen se ve que se queda 4 días en la ciudad 1, se desplaza 3 días a la ciudad 2, y se queda el último día en la ciudad 1. Esto cumple con las expectativas que se tienen del caso base.

1. *Escenario base 3 (Costo de vida promedio):*
   1. n=2
   2. mind=3
   3. maxd=5
   4. d=8
   5. s=1
   6. Los valores de la matriz de costos son iguales
   7. p1=0
   8. p2=1
   9. Los otros parámetros son aleatorios

RESULTADO ESPERADO: Se queda 5 días en la primera ciudad y 3 en la otra.

RESULTADO OBTENIDO EN GAMS:

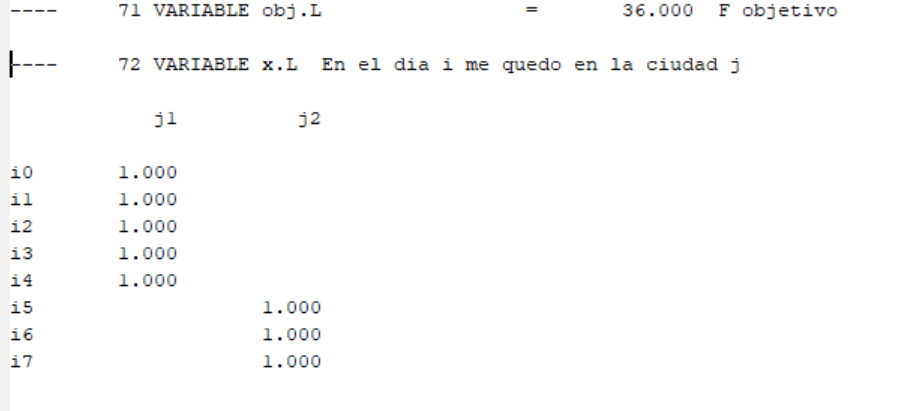


Fig 3. Resultado del escenario base 3

Se queda 5 días en la primera ciudad y luego tres en la segunda, justo como se esperaba.

1. *Escenario base 4 (Costo de transporte):*
   1. n=3
   2. mind=|
   3. maxd=1
   4. d=3
   5. s=1
   6. p2=1
   7. p1=0



Fig 4. Tabla de costos del escenario base 4.

* 1. Costo de vida promedio es igual para todas las ciudades
  2. Los otros parámetros del modelo son aleatorios

RESULTADO ESPERADO: Va de la ciudad 1 a la 2 y luego a la 3.

RESULTADO OBTENIDO DE GAMS:

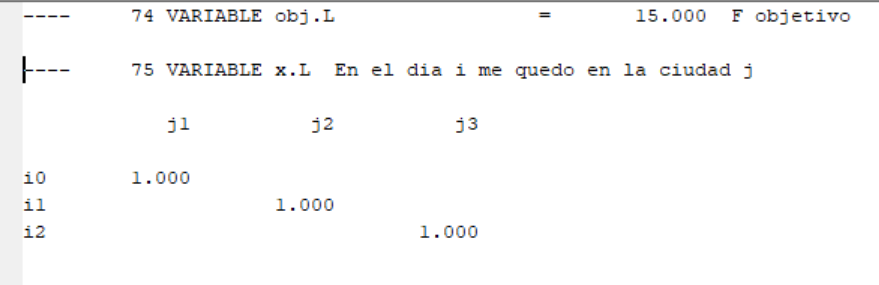


Fig 5. Resultado obtenido del escenario base 4 en GAMS

De acuerdo con la anterior imagen, como fue de esperarse se desplaza de la ciudad 1 a la 2, y de la ciudad 2 a la 3.

1. *Escenario intermedio:*
   1. n=10
   2. 5 ciudades tienen un costo de vida alto y puntajes bajos (Ciudad 1 a 5)
   3. 5 ciudades tienen un costo de vida bajo y puntajes altos (Ciudad 6 a 10).
   4. Costos de transporte iguales.
   5. d=15
   6. maxd=3
   7. mind=1
   8. p1=0.5
   9. p2=0.5
   10. s: Una ciudad de las baratas (6 a 10).
   11. Los otros parámetros son aleatorios

RESULTADO ESPERADO: Irse por las ciudades más baratas.

RESULTADO OBTENIDO DE GAMS:

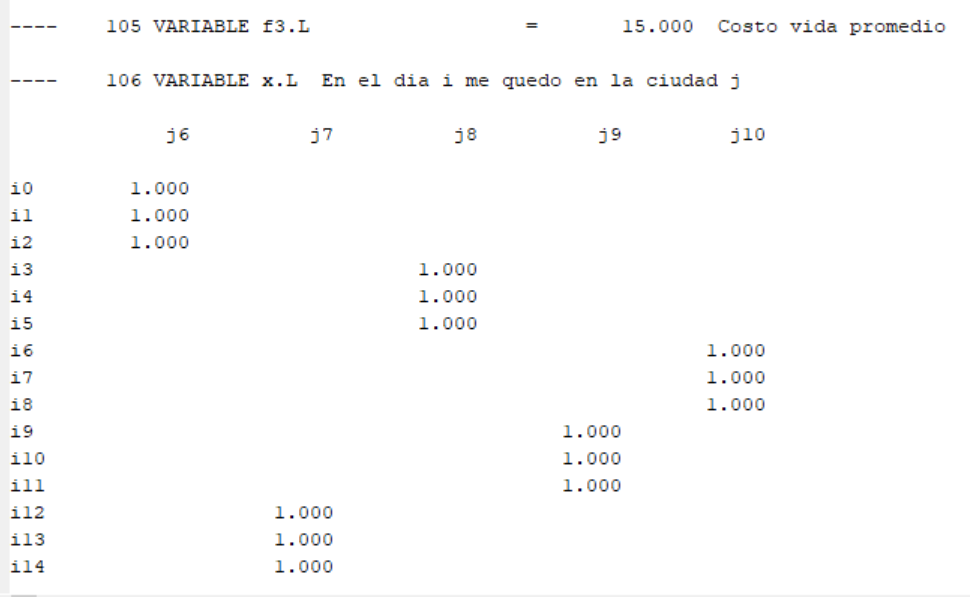


Fig 6. Resultado obtenido del escenario intermedio en GAMS

Como era de esperarse, solo se estuvo en las 5 ciudades más baratas.

# DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental propuesto consiste en implementar un escenario real con un número de 25 ciudades de España y datos recolectados manualmente de Numbeo y Google para mirar el comportamiento del modelo y correrlo variando los parámetros p1 y p2 lo más que se pueda.

# ANÁLISIS DE RESULTADOS

The word “data” is plural, not singular. The subscript for the permeability of vacuum µ0 is zero, not a lowercase letter “o.” The term for residual magnetization is “remanence”; the adjective is “remanent”; do not write “remnance” or “remnant.” Use the word “micrometer” instead of “micron.” 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). Use the word “whereas” instead of “while” (unless you are referring to simultaneous events). Do not use the word “essentially” to mean “approximately” or “effectively.” Do not use the word “issue” as a euphemism for “problem.” When compositions are not specified, separate chemical symbols by en-dashes; for example, “NiMn” indicates the intermetallic compound Ni0.5Mn0.5 whereas “Ni–Mn” indicates an alloy of some composition NixMn1-x.

Be aware of the different meanings of the homophones “affect” (usually a verb) and “effect” (usually a noun), “complement” and “compliment,” “discreet” and “discrete,” “principal” (e.g., “principal investigator”) and “principle” (e.g., “principle of measurement”). Do not confuse “imply” and “infer.”

Prefixes such as “non,” “sub,” “micro,” “multi,” and “ultra” are not independent words; they should be joined to the words they modify, usually without a hyphen. There is no period after the “et” in the Latin abbreviation “*et al.*” (it is also italicized). The abbreviation “i.e.,” means “that is,” and the abbreviation “e.g.,” means “for example” (these abbreviations are not italicized).

A general IEEE styleguide is available at <http://www.ieee.org/web/publications/authors/transjnl/index.html>



Fig. 1. Magnetization as a function of applied field. Note that “Fig.” is abbreviated. There is a period after the figure number, followed by two spaces. It is good practice to explain the significance of the figure in the caption.

TABLE I

Units for Magnetic Properties

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Symbol | Quantity | Conversion from Gaussian and  CGS EMU to SI a |
| Φ | magnetic flux | 1 Mx → 10−8 Wb = 10−8 V·s |
| *B* | magnetic flux density,  magnetic induction | 1 G → 10−4 T = 10−4 Wb/m2 |
| *H* | magnetic field strength | 1 Oe → 103/(4π) A/m |
| *m* | magnetic moment | 1 erg/G = 1 emu  → 10−3 A·m2 = 10−3 J/T |
| *M* | magnetization | 1 erg/(G·cm3) = 1 emu/cm3  → 103 A/m |
| 4π*M* | magnetization | 1 G → 103/(4π) A/m |
| σ | specific magnetization | 1 erg/(G·g) = 1 emu/g → 1 A·m2/kg |
| *j* | magnetic dipole  moment | 1 erg/G = 1 emu  → 4π × 10−10 Wb·m |
| *J* | magnetic polarization | 1 erg/(G·cm3) = 1 emu/cm3  → 4π × 10−4 T |
| χ*,* κ | susceptibility | 1 → 4π |
| χρ | mass susceptibility | 1 cm3/g → 4π × 10−3 m3/kg |
| μ | permeability | 1 → 4π × 10−7 H/m  = 4π × 10−7 Wb/(A·m) |
| μr | relative permeability | μ → μr |
| *w, W* | energy density | 1 erg/cm3 → 10−1 J/m3 |
| *N, D* | demagnetizing factor | 1 → 1/(4π) |

Vertical lines are optional in tables. Statements that serve as captions for the entire table do not need footnote letters.

aGaussian units are the same as cg emu for magnetostatics; Mx = maxwell, G = gauss, Oe = oersted; Wb = weber, V = volt, s = second, T = tesla, m = meter, A = ampere, J = joule, kg = kilogram, H = henry.

# CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA

*Basic format for books:*

1. J. K. Author, “Title of chapter in the book,” in *Title of His Published Book, x*th ed. City of Publisher, Country if not
2. USA: Abbrev. of Publisher, year, ch. *x*, sec. *x*, pp. *xxx–xxx.*

*Examples:*

1. G. O. Young, “Synthetic structure of industrial plastics,” in *Plastics,* 2nd ed., vol. 3, J. Peters, Ed. New York: McGraw-Hill, 1964, pp. 15–64.
2. W.-K. Chen, *Linear Networks and Systems.* Belmont, CA: Wadsworth, 1993, pp. 123–135.

*Basic format for periodicals:*

1. J. K. Author, “Name of paper,” *Abbrev. Title of Periodical*, vol. *x,* no. *x,* pp*. xxx-xxx,* Abbrev. Month, year.

*Examples:*

1. J. U. Duncombe, “Infrared navigation—Part I: An assessment   
   of feasibility,” *IEEE Trans. Electron Devices*, vol. ED-11, no. 1, pp. 34–39, Jan. 1959.
2. E. P. Wigner, “Theory of traveling-wave optical laser,” *Phys. Rev*.,   
   vol. 134, pp. A635–A646, Dec. 1965.
3. E. H. Miller, “A note on reflector arrays,” *IEEE Trans. Antennas Propagat*., to be published.

*Basic format for reports:*

1. J. K. Author, “Title of report,” Abbrev. Name of Co., City of Co., Abbrev. State, Rep. *xxx*, year.

*Examples:*

1. E. E. Reber, R. L. Michell, and C. J. Carter, “Oxygen absorption in the earth’s atmosphere,” Aerospace Corp., Los Angeles, CA, Tech. Rep. TR-0200 (4230-46)-3, Nov. 1988.
2. J. H. Davis and J. R. Cogdell, “Calibration program for the 16-foot antenna,” Elect. Eng. Res. Lab., Univ. Texas, Austin, Tech. Memo. NGL-006-69-3, Nov. 15, 1987.

*Basic format for handbooks:*

1. *Name of Manual/Handbook*, *x* ed., Abbrev. Name of Co., City of Co., Abbrev. State, year, pp. *xxx-xxx.*

*Examples:*

1. *Transmission Systems for Communications*, 3rd ed., Western Electric Co., Winston-Salem, NC, 1985, pp. 44–60.
2. *Motorola Semiconductor Data Manual*, Motorola Semiconductor Products Inc., Phoenix, AZ, 1989.

*Basic format for books (when available online):*

1. Author. (year, month day). *Title.* (edition) [Type of medium]. *volume (issue).* Available: site/path/file

*Example:*

1. J. Jones. (1991, May 10). *Networks.* (2nd ed.) [Online]. Available: [http://www.atm.com](http://www.atm.com/)

*Basic format for journals (when available online):*

1. Author. (year, month). Title. *Journal.* [Type of medium]. *volume (issue),* pages. Available: site/path/file

*Example:*

1. R. J. Vidmar. (1992, Aug.). On the use of atmospheric plasmas as electromagnetic reflectors. *IEEE Trans. Plasma Sci.* [Online]. *21(3),* pp. 876–880. Available:<http://www.halcyon.com/pub/journals/21ps03-vidmar>

*Basic format for papers presented at conferences (when available online):*

1. Author. (year, month). Title. Presented at Conference title. [Type of Medium]. Available: site/path/file

*Example:*

1. PROCESS Corp., MA. Intranets: Internet technologies deployed behind the firewall for corporate productivity. Presented at   
   INET96 Annual Meeting. [Online]. Available: <http://home.process.com/Intranets/wp2.htp>

*Basic format for reports and handbooks (when available online):*

1. Author. (year, month). Title. Comp an y . C ity, State or Country. [Type of Medium]. Available: site/path/file

*Example:*

1. S. L. Tall een. (1996 , Apr . ). The In t r an et Archi -tecture: M a nagi ng i n f o rm at i on i n t h e ne w paradigm. Amdahl Corp., CA. [Online]. Available:<http://www.amdahl.com/doc/products/bsg/intra/infra/html>

*Basic format for computer programs and electronic documents (when available online):* ISO recommends that capitalization follow the accepted practice for the language or script in which the information is given.

*Example:*

1. A. Harriman. (1993, June). Compendium of genealogical software. *Humanist.* [Online]. Available e-mail: [HUMANIST@NYVM.ORG](mailto:HUMANIST@NYVM.ORG) Message: get GENEALOGY REPORT

*Basic format for patents (when available online):*

1. Name of the invention, by inventor’s name. (year, month day). *Patent Number* [Type of medium]. Available: site/path/file

*Example:*

1. Musical toothbrush with adjustable neck and mirror, by L.M.R. Brooks. (1992, May 19). *Patent D 326 189*

[Online]. Available: NEXIS Library: LEXPAT File: DESIGN

*Basic format for conference proceedings (published):*

1. J. K. Author, “Title of paper,” in *Abbreviated Name of Conf.*, City of Conf., Abbrev. State (if given), year, pp. *xxxxxx.*

*Example:*

1. D. B. Payne and J. R. Stern, “Wavelength-switched pas- sively coupled single-mode optical network,” in *Proc. IOOC-ECOC,* 1985,   
   pp. 585–590.

*Example for papers presented at conferences (unpublished):*

1. D. Ebehard and E. Voges, “Digital single sideband detection for interferometric sensors,” presented at the 2nd Int. Conf. Optical Fiber Sensors, Stuttgart, Germany, Jan. 2-5, 1984.

*Basic format for patents:*

1. J. K. Author, “Title of patent,” U.S. Patent *x xxx xxx*, Abbrev. Month, day, year.

*Example:*

1. G. Brandli and M. Dick, “Alternating current fed power supply,”   
   U.S. Patent 4 084 217, Nov. 4, 1978.

*Basic format**for theses (M.S.) and dissertations (Ph.D.):*

1. J. K. Author, “Title of thesis,” M.S. thesis, Abbrev. Dept., Abbrev. Univ., City of Univ., Abbrev. State, year.
2. J. K. Author, “Title of dissertation,” Ph.D. dissertation, Abbrev. Dept., Abbrev. Univ., City of Univ., Abbrev. State, year.

*Examples:*

1. J. O. Williams, “Narrow-band analyzer,” Ph.D. dissertation, Dept. Elect. Eng., Harvard Univ., Cambridge, MA, 1993.
2. N. Kawasaki, “Parametric study of thermal and chemical nonequilibrium nozzle flow,” M.S. thesis, Dept. Electron. Eng., Osaka Univ., Osaka, Japan, 1993.

*Basic format for the most common types of unpublished references:*

1. J. K. Author, private communication, Abbrev. Month, year.
2. J. K. Author, “Title of paper,” unpublished.
3. J. K. Author, “Title of paper,” to be published.

*Examples:*

1. A. Harrison, private communication, May 1995.
2. B. Smith, “An approach to graphs of linear forms,” unpublished.
3. A. Brahms, “Representation error for real numbers in binary computer arithmetic,” IEEE Computer Group Repository, Paper R-67-85.

*Basic format for standards:*

1. *Title of Standard*, Standard number, date.

*Examples:*

1. IEEE Criteria for Class IE Electric Systems, IEEE Standard 308, 1969.
2. Letter Symbols for Quantities, ANSI Standard Y10.5-1968.

**First A. Author** (M’76–SM’81–F’87) and the other authors may include biographies at the end of regular papers. Biographies are often not included in conference-related papers. This author became a Member (M) of IEEE in 1976, a Senior Member (SM) in 1981, and a Fellow (F) in 1987. The first paragraph may contain a place and/or date of birth (list place, then date). Next, the author’s educational background is listed. The degrees should be listed with type of degree in what field, which institution, city, state, and country, and year the degree was earned. The author’s major field of study should be lower-cased.

The second paragraph uses the pronoun of the person (he or she) and not the author’s last name. It lists military and work experience, including summer and fellowship jobs. Job titles are capitalized. The current job must have a location; previous positions may be listed without one. Information concerning previous publications may be included. Try not to list more than three books or published articles. The format for listing publishers of a book within the biography is: title of book (city, state: publisher name, year) similar to a reference. Current and previous research interests end the paragraph.

The third paragraph begins with the author’s title and last name (e.g., Dr. Smith, Prof. Jones, Mr. Kajor, Ms. Hunter). List any memberships in professional societies other than the IEEE. Finally, list any awards and work for IEEE committees and publications. If a photograph is provided, the biography will be indented around it. The photograph is placed at the top left of the biography, and should be of good quality, professional-looking, and black and white (see above example). Personal hobbies will be deleted from the biography. Following are two examples of an author’s biography.

**Second B. Author** was born in Greenwich Village, New York City, in 1977. He received the B.S. and M.S. degrees in aerospace engineering from the University of Virginia, Charlottesville, in 2001 and the Ph.D. degree in mechanical engineering from Drexel University, Philadelphia, PA, in 2008.

From 2001 to 2004, he was a Research Assistant with the Princeton Plasma Physics Laboratory. Since 2009, he has been an Assistant Professor with the Mechanical Engineering Department, Texas A&M University, College Station. He is the author of three books, more than 150 articles, and more than 70 inventions. His research interests include high-pressure and high-density nonthermal plasma discharge processes and applications, microscale plasma discharges, discharges in liquids, spectroscopic diagnostics, plasma propulsion, and innovation plasma applications. He is an Associate Editor of the journal *Earth*, *Moon*, *Planets*, and holds two patents.

Mr. Author was a recipient of the International Association of Geomagnetism and Aeronomy Young Scientist Award for Excellence in 2008, the IEEE Electromagnetic Compatibility Society Best Symposium Paper Award in 2011, and the American Geophysical Union Outstanding Student Paper Award in Fall 2005.

**Third C. Author, Jr. (M’87)** received the B.S. degree in mechanical engineering from National Chung Cheng University, Chiayi, Taiwan, in 2004 and the M.S. degree in mechanical engineering from National Tsing Hua University, Hsinchu, Taiwan, in 2006. He is currently pursuing the Ph.D. degree in mechanical engineering at Texas A&M University, College Station.

From 2008 to 2009, he was a Research Assistant with the Institute of Physics, Academia Sinica, Tapei, Taiwan. His research interest includes the development of surface processing and biological/medical treatment techniques using nonthermal atmospheric pressure plasmas, fundamental study of plasma sources, and fabrication of micro- or nanostructured surfaces.

Mr. Author’s awards and honors include the Frew Fellowship (Australian Academy of Science), the I. I. Rabi Prize (APS), the European Frequency and Time Forum Award, the Carl Zeiss Research Award, the William F. Meggers Award and the Adolph Lomb Medal (OSA).

1. This paragraph of the first footnote will contain the date on which you submitted your paper for review. It will also contain support information, including sponsor and financial support acknowledgment. For example, “This work was supported in part by the U.S. Depart­ment of Com­merce under Grant BS123456”.

   The next few paragraphs should contain the authors’ current affiliations, including current address and e-mail. For example, F. A. Author is with the National Institute of Standards and Technology, Boulder, CO 80305 USA (e-mail: author@ boulder.nist.gov).

   S. B. Author, Jr., was with Rice University, Houston, TX 77005 USA. He is now with the Department of Physics, Colorado State University, Fort Collins, CO 80523 USA (e-mail: author@lamar.colostate.edu).

   T. C. Author is with the Electrical Engineering Department, University of Colorado, Boulder, CO 80309 USA, on leave from the National Research Institute for Metals, Tsukuba, Japan (e-mail: author@nrim.go.jp). [↑](#footnote-ref-1)