

I CONGRESO IBEROAMERICANO DE DOCENTES

CONGRESO VIRTUAL DEL 26 NOVIEMBRE AL 08 DICIEMBRE DE 2018

ALGECIRAS (CÁDIZ) DEL 06 AL 08 DICIEMBRE DE 2018

Actas del Congreso Iberoamericano de Docentes

Modelado y predicción de contaminantes atmosféricos con algoritmos de interpolación espacial. Experiencia TFM con computación.

S. Van Roode

J. A. Moscoso-López

J. J. Ruiz-Aguilar

J. González-Enrique

I. J. Turias

ISBN: 978-84-948417-0-5

Edita **Asociación Formación IB.**

Coordinación editorial: **Joaquín Asenjo Pérez, Óscar Macías Álvarez, Patricia Ávalo Ortega y Yoel Yucra Beisaga**

Año de edición: **2018**

Presidente del Comité Científico: **César Bernal.**

El I Congreso Iberoamericano de Docentes se ha celebrado organizado conjuntamente por la Universidad de Cádiz y la Asociación Formación IB con el apoyo del Ayuntamiento de Algeciras y la Asociación Diverciencia entre otras instituciones.

<http://congreso.formacionib.org>



red
iberoamericana
de docentes



formaciónib))

Modelado y predicción de contaminantes atmosféricos con algoritmos de interpolación espacial. Experiencia TFM con computación.

S. Van Roode¹
steffanie.vanroode@uca.es

J. A. Moscoso-López²
Joseantonio.moscoso@uca.es

J. J. Ruiz-Aguilar²
Juanjesus.ruiz@uca.es

J. González-Enrique¹
Javier.gonzalezhenrique@uca.es

I. J. Turias¹
Ignacio.turias@uca.es

¹Departamento de Ingeniería Informática

²Departamento de Ingeniería Industrial e Ingeniería Civil
Universidad de Cádiz

Resumen

El presente estudio muestra nuestra experiencia en la aplicación de técnicas de *softcomputing* y la realización de Trabajos Fin de Grado y Máster dentro de la Ingeniería Civil en la Universidad de Cádiz.

La realización de proyectos de investigación promueve el desarrollo de distintas habilidades. Habilidades profesionales dotando al alumno de conocimientos teóricos y prácticos necesarios para poder desarrollar aplicaciones que permitan resolver problemas relacionados con diferentes ámbitos de la Ingeniería Civil mediante Matlab un lenguaje de programación de alto rendimiento para cálculos técnicos. Y otras habilidades transversales fomentando el aprendizaje autónomo, la comunicación oral y escrita, el razonamiento crítico, la capacidad resolutoria o la planificación, entre otras muchas.

El proyecto está orientado al modelado de contaminantes atmosféricos con algoritmos de interpolación espacial. Como ejemplo de ello, se presenta un trabajo Fin de Grado en el que se implementan diferentes técnicas de interpolación espacial que permiten la estimación, la predicción y la generación de mapas de contaminación atmosféricos. La idiosincrasia de este tipo de técnicas es que permiten obtener valores de contaminación para puntos que no estén monitorizados. Fomentándose un acercamiento a la problemática medioambiental actual, el control y la posterior toma de decisiones.

1. Introducción

Los trabajos de fin de Grado y Máster se contemplan como una asignatura dentro de los planes de estudio de los títulos oficiales de grado en Ingeniería Civil y máster en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos impartidos por la Escuela Politécnica Superior de Algeciras de la Universidad de Cádiz. En el caso del grado, el proyecto se contempla en el octavo semestre con una carga lectiva de 18 créditos. Y en el caso del

máster, el proyecto se contempla en el cuarto semestre con una carga lectiva de 12 créditos.

Los proyectos suponen un trabajo individual del estudiante que le permitan mostrar de forma integrada los conocimientos, las habilidades, las capacidades y las competencias adquiridas durante la realización de sus estudios que posteriormente tendrán que exponer y defender ante un tribunal de profesores.

Actualmente la normativa de la escuela recoge dos modalidades de proyectos fin de Grado y Máster:

- a. Proyectos de ingeniería.
- b. Proyectos de investigación aplicada.

Los proyectos de investigación aplicada, según el reglamento de proyectos de la Escuela Politécnica Superior de Algeciras aprobado el 25 de noviembre de 2013, integran aquellos trabajos teóricos, experimentales o numéricos, de naturaleza teórica, computacional o experimental en conexión con las líneas de investigación y desarrollo de los grupos de investigación de la escuela y empresas especializadas de la zona.

El papel del Ingeniero Civil en la actualidad ha cambiado. No solo se basa en la idea obsoleta del diseño, la construcción y la explotación de infraestructuras, sino que va mucho más allá. El papel del Ingeniero es solucionar problemas, buscar cómo mejorar y adaptarse a las nuevas necesidades de la sociedad. Una sociedad que evoluciona a pasos agigantados. Por lo que el mercado laboral demanda de una formación cada vez flexible y versátil. Todo ello se refleja en las escuelas de ingeniería civil cada vez más deshabitadas. La realización de proyectos de investigación y, más concretamente, proyectos de carácter computacional dan un impulso a la titulación, una visión sin límites, una herramienta potente con la que poder desarrollar aplicaciones que permitan resolver problemas relacionados con diferentes ámbitos de la Ingeniería Civil.

2. Metodología

Con la necesidad de darle un impulso y giro al grado y máster se pretende motivar e incrementar el interés a presentes y futuros alumnos mediante la realización y la divulgación de proyectos de investigación que les permita desarrollar aplicaciones de programación dentro del extenso campo de acción de la ingeniería civil. Además, fomentar un perfil de alumno egresado altamente cualificado y capaz de desenvolverse en esta era de la informática y las comunicaciones, en la que ciencia y tecnología van de la mano.

2.1. Fases generales del proyecto

La investigación es un proceso creativo en el que a su vez es necesaria la organización y la metodología. Se distinguen tres etapas durante el proyecto (Arias, 2006).

Selección del tema e identificación del problema. Se define un campo de actuación, una problemática asociada y una primera idea de cómo se va a dar solución al problema.

Elaboración del proyecto. Compone el grueso gordo del proyecto: búsqueda de bibliografía, implementación de un software, validación de los métodos y, por último, producción de un documento o memoria con los contenidos del proyecto.

Exposición pública. Defensa oral del proyecto frente a un tribunal de tres profesores. La exposición consta de una primera parte de unos 20 minutos en la que el alumno explica su proyecto y una segunda parte en la que los profesores realizan preguntas y comentarios.

El profesor es el responsable de guiar al alumno a alcanzar su objetivo (Coromoto and Moreno, 2009). Su aporte principal es definir con precisión el objeto de estudio y el

planteamiento del problema, quizás la parte más importante del proceso de investigación. También se encarga de proporcionar posibles fuentes de documentación sobre el tema, que permita al alumno a hacer una revisión íntegra de la literatura para identificar trabajos de otros autores y nuevas tendencias. Y, por último, debe revisar y evaluar la elaboración de la documentación del proyecto. Las tutorías son una herramienta clave para asegurar la formación del estudiante mediante un proyecto de investigación, aunque la idea principal es fomentar un aprendizaje autónomo.

Durante el proceso de elaboración del proyecto, es necesaria la interacción permanente y constante entre profesor y alumno, que permita la orientación, el intercambio de ideas, la reflexión y el progreso del proyecto.

2.2. Contenido del proyecto

Los proyectos de investigación constan principalmente de los siguientes apartados:

1. Índice
2. Introducción
3. Antecedentes o estado del arte
4. Metodología
5. Resultados y conclusiones
6. Bibliografía

A continuación, se detalla cada apartado brevemente.

Índice: en este primer apartado se presenta el contenido del proyecto estructurado de forma adecuada e indicando el número de página correspondiente.

Introducción: en esta sección se presenta el planteamiento del problema de forma breve: el entorno del problema, su importancia en la actualidad y la finalidad del proyecto. Dentro de este apartado podemos incluir, o como apartados aparte, los objetivos del desarrollo de estas aplicaciones y su justificación.

Antecedentes o estado del arte: comprende la revisión bibliográfica en la que se presentan estudios previos realizados por otros autores relacionados con el tema que se está estudiando.

Metodología: en este apartado se detalla paso a paso las técnicas y procedimientos que se han utilizado.

Resultados y conclusiones: Por último, se muestran los resultados y la valoración de los experimentos.

Bibliografía: lista con las referencias bibliográficas citadas en el texto.

2.3. La programación y el ingeniero civil

El lenguaje de programación es una herramienta muy útil para cualquier área de la ingeniería. La programación facilita los cálculos y el manejo de grandes cantidades de datos, aumentando así la productividad, la eficiencia y la eficacia de una persona en su puesto de trabajo. Es por ello que en la actualidad saber programar es una competencia con mucha demanda en el mercado laboral.

En este proyecto hemos utilizado el programa Matlab por ser una poderosa herramienta matemática de cálculo numérico, orientado a matrices y vectores. Matlab también tiene un lenguaje de programación propio. Este lenguaje de programación resulta muy útil por ser una herramienta de muy alto nivel para desarrollar aplicaciones técnicas, fácil de utilizar y que además aumenta significativamente la productividad de los programadores respecto a otros entornos de desarrollo, ya que además de disponer de un código básico, dispone de varias librerías especializadas o *toolboxes*. Parte del trabajo se ha

centrado en el uso de la *Toolbox Mapping*, la cual proporciona algoritmos, funciones y una aplicación para analizar datos geográficos y crear visualizaciones de mapas en Matlab.

Hemos empleado programas de sistema de información geográfica como QGIS para trabajar con información complementaria. Un sistema de información geográfica (conocido como SIG en español y GIS en inglés) es un conjunto de herramientas para unir, almacenar y presentar datos espaciales. La razón fundamental para utilizar un SIG es la gestión de información espacial. Los SIGs permiten separar la información en diferentes capas temáticas y las almacena independientemente, permitiendo trabajar con ellas de manera rápida y sencilla, y facilitando al profesional la posibilidad de relacionar la información existente a través de la topología de los objetos, con el fin de generar otra nueva que no podríamos obtener de otra forma. Este tipo de herramientas de apoyo son fundamentales en la Ingeniería Civil.

3. Ejemplo

Se muestra como ejemplo un proyecto de investigación aplicada realizado para el grado de Ingeniería Civil. El proyecto está orientado al modelado y generación de mapas de contaminantes atmosféricos basados en algoritmos de interpolación espacial.

La interpolación espacial es el procedimiento por el cual estimamos el valor de un fenómeno en localizaciones no muestreadas a partir de otras localizaciones si muestreadas dentro de un área, como se muestra en la figura (1). Existen diferentes métodos: mecánicos o determinísticos, estadísticos y basados en expertos (Hengl, 2009).

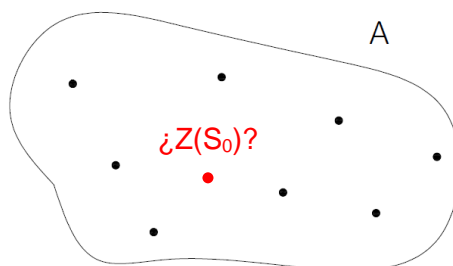


Fig. 1

En este proyecto nos centramos en la contaminación atmosférica en la Bahía de Algeciras. La contaminación atmosférica es uno de los problemas medioambientales más importantes en áreas urbanas e industriales. Siendo la Bahía de Algeciras una región que cuenta con importantes núcleos de población y una gran concentración en industrias lo que supone la necesidad de un control (Turias et al., 2008; Van Roode et al., 2018).

El objetivo principal de este trabajo ha sido la generación de mapas para modelos de predicción de contaminantes atmosféricos, en concreto NO_2 , en toda un área a partir de las diferentes estaciones de monitorización de contaminantes que mantiene la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía en la Bahía de Algeciras.

El resultado es un *toolbox* o aplicación en Matlab implementando diversos modelos de interpolación espacial que permiten generar distribuciones espaciales de cualquier fenómeno natural en cada (x,y,z) para un instante t dadas n estaciones de monitorización. Los métodos que hemos usado son:

- Distancia inversa ponderada
- Kriging ordinario

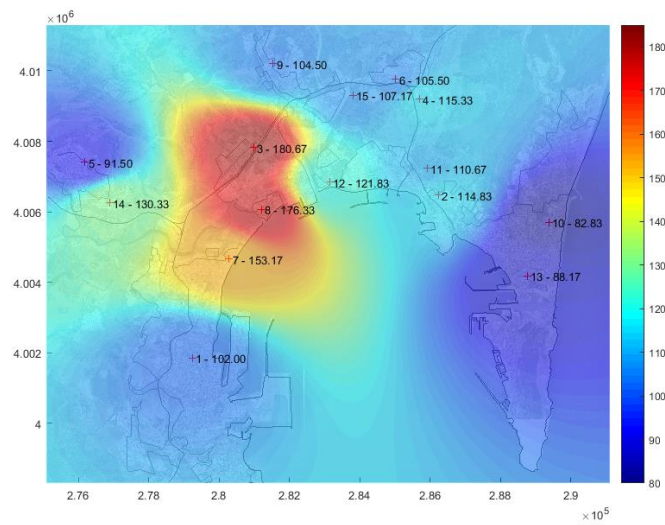
- Kriging universal

Las partes de las que consta nuestro proyecto son las siguientes:

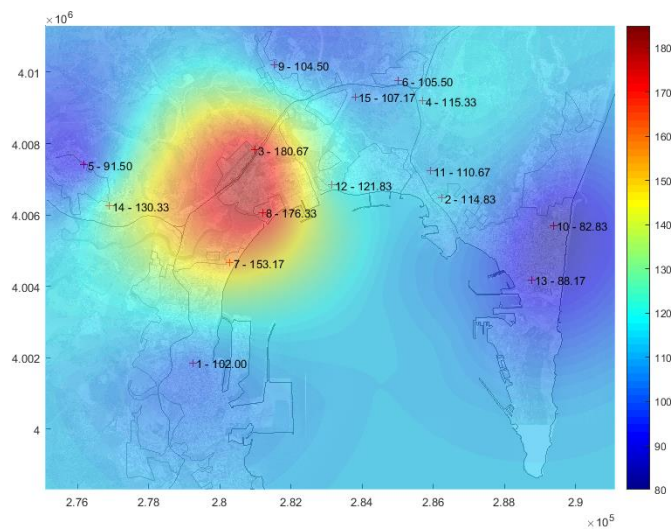
- Situación
- Información
- Búsqueda de bibliografía
- Tratamiento de datos georreferenciados
- Desarrollo de los algoritmos
- Validación de los métodos

Se muestra finalmente un ejemplo obtenido con la aplicación de generación de mapas de contaminantes atmosféricos. La figura (2) representa para un instante t los mapas generados por diferentes métodos.

a



b



C

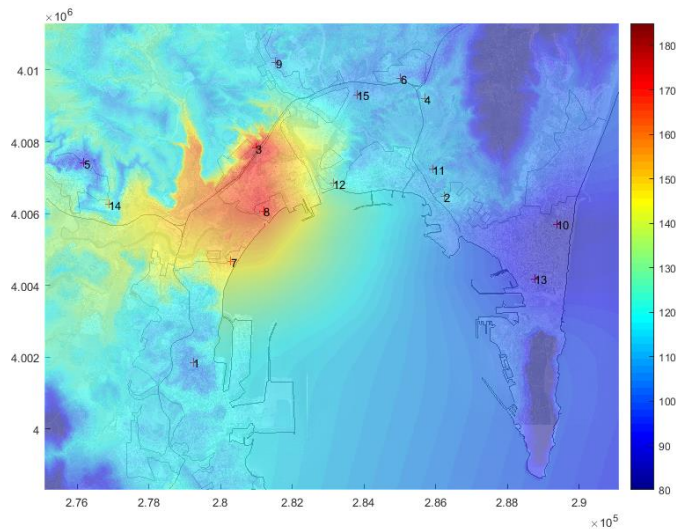


Fig. 2. Mapeo según diferentes métodos; a) Distancia Inversa Ponderada, b) Kriging ordinario y c) Kriging universal.

Estas técnicas de interpolación nos permiten generar mapas de diferentes materias a partir de un número finito de muestras suponiendo un gran aporte para la planificación, toma de decisiones y la evaluación de zonas.

4. Resultados

Como resultado se busca potenciar todo tipo de competencias en el alumno. La competencia se define como una combinación de habilidades prácticas, conocimientos, motivación, valores éticos, actitudes, emociones, y otros componentes sociales y de comportamiento que se movilizan conjuntamente para lograr una acción eficaz ([DeSeCo](#)). La adquisición de competencias es decisiva para que los alumnos alcancen un cierto desarrollo personal, social y profesional que se ajuste a la demanda actual del mundo laboral.

Se distinguen dos tipos de competencias (Gonzalez and Wagenaar, 2003; Villa and Poblete, 2007):

Competencias transversales o genéricas: no están relacionadas con la titulación universitaria. Son las habilidades genéricas necesarias que permiten al alumno a comportarse y actuar en diferentes ámbitos de su vida diaria.

Competencias técnicas o específicas: están relacionadas con la titulación universitaria. Podemos hablar entonces de habilidades profesionales que dotan al alumno de conocimientos teóricos y prácticos necesarios para poder resolver problemas.

Entre las diferentes competencias inherentes al proyecto de investigación y la programación encontramos: capacidad de análisis y síntesis, capacidad de organización y planificación, comunicación oral y escrita, conocimientos de programación, conocimientos relativos al ámbito de estudio, gestión de datos e información, resolución de problemas, gestión del tiempo, toma de decisiones, trabajo en un entorno formal, habilidades en las relaciones interpersonales, razonamiento crítico, aprendizaje autónomo, creatividad, motivación, iniciativa y sensibilidad medioambiental.

5. Conclusiones

La realización de proyectos de investigación de tal entidad hace que el alumno desarrolle multitud de habilidades favoreciendo un perfil más flexible y versátil al tradicional.

En siguientes trabajos se realizará un seguimiento del alumno para conocer su interés por conocer nuevas herramientas y su valoración personal, es decir, que competencias transversales y técnicas creen haber adquirido.

6. Agradecimientos

Este trabajo forma parte de los proyectos de investigación TIN2014-58516-C2-1-R y TIN2014-58516-C2-2-R con el apoyo del MICINN. Los datos han sido aportados por la Agencia Medioambiental de la Junta de Andalucía.

Referencias

- Arias, F., 2006. El proyecto de investigación, Introducción a la metodología científica. Oriol ediciones. <https://doi.org/Q180.55-M4A7>
- Coromoto, M., Moreno, M., 2009. Labor del tutor y asesor. *Articul. Arbitr.* 19, 12. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2014.23-2.11>
- Gonzalez, J., Wagenaar, R., 2003. Tuning Educational Structures. Informe Final Proyecto Piloto-Fase 1. Recuperado el 30 de abril de 2012.
- Hengl, T., 2009. A Practical guide to Geostatistical Mapping, Scientific and Technical Research series. [https://doi.org/10.1016/0277-9390\(86\)90082-8](https://doi.org/10.1016/0277-9390(86)90082-8)
- Turias, I.J., González, F.J., Martín, M.L., Galindo, P., 2008. Prediction models of CO, SPM and SO₂ concentrations in the Campo de Gibraltar Region, Spain: a multiple comparison strategy. *Environ. Monit. Assess.* 143, 131–146.
- Van Roode, S., Ruiz-Aguilar, J.J., González-Enrique, J., Moscoso-López, J.A., Turias, I.J., 2018. Using geostatistical modelling for analysis of air pollution and its relation with road traffic in Bay of Algeciras (Spain). XIII Congreso de Ingeniería del Transporte (CIT), Gijón.
- Villa, A., Poblete, M., 2007. Aprendizaje basado en competencias., Una propuesta para la evaluación de las competencias. Editorial Mensajero, Bilbao.