

UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE
COMPOSTELA



ESCOLA TÉCNICA SUPERIOR DE ENXEÑARÍA

Seguimento de contaminación de ciudades españolas a partir de datos de TROPOMI

Autor/a:

Hugo Gómez Sabucedo

Titores:

Joaquín Ángel Triñanes Fernández

Grao en Enxeñaría Informática

Febreiro 2024

Traballo de Fin de Grao presentado na Escola Técnica Superior de Enxeñaría
da Universidade de Santiago de Compostela para a obtención do Grao en
Enxeñaría Informática



D. Joaquín Ángel Triñanes Fernández, Profesor/a do Departamento de Electrónica e Computación da Universidade de Santiago de Compostela,

INFORMA:

Que a presente memoria, titulada (*Seguimento de contaminación decidades españolas a partir de datos de TROPOMI*), presentada por **D. Hugo Gómez Sabucedo** para superar os créditos correspondentes ao Traballo de Fin de Grao da titulación de Grao en Enxeñaría Informática, realizouse baixo nosa tutoría no Departamento de Electrónica e Computación da Universidade de Santiago de Compostela.

E para que así conste aos efectos oportunos, expiden o presente informe en Santiago de Compostela, a (Data):

Titor/a,

Alumno/a,

(Joaquín Ángel Triñanes Fernández) (Hugo Gómez Sabucedo)

Agradecimentos

Se se quere pór algún agradecemento, este vai aquí.

Resumo

Breve resumo das principais contribucións do traballo.

Índice xeral

1. Introducción	1
1.1. Obxectivos do traballo	2
1.2. Estrutura da memoria	2
1.3. Descrición do sistema	3
2. Especificación de Requisitos	5
3. Deseño	7
4. Probas	9
5. Exemplos (eliminar capítulo na versión final)	11
5.1. Un exemplo de sección	11
5.1.1. Un exemplo de subsección	11
5.1.2. Outro exemplo de subsección	11
5.2. Exemplos de figuras e cadros	12
5.3. Exemplos de referencias á bibliografía	12
5.4. Exemplos de enumeracións	13
6. Conclusións e posibles ampliacións	15
A. Manuais técnicos	17
B. Manuais de usuario	19
Bibliografía	21

Índice de figuras

5.1. Esta é a figura de tal e cal.	12
--	----

Índice de cadros

5.1. Esta é a táboa de tal e cal.	12
---	----

Capítulo 1

Introdución

Obxectivos Xerais, Relación da Documentación que conforma a Memoria, Descrición do Sistema, Información Adicional de Interese (métodos, técnicas ou arquitecturas utilizadas, xustificación da súa elección, etc.).

O cambio climático é un asunto que, actualmente, está á orde do día. O aumento das temperaturas a nivel global é un asunto que preocupa non só ós científicos, senón tamén á poboación en xeral. As causas do cambio climático son moitas, pero podemos estar de acordo en que unha gran parte é debida á presenza de múltiples gases ou substancias químicas que afectan á atmosfera.

Todos estes axentes afectan non só ó medio ambiente, senón ós seres humanos. Por iso, monitorizar a súa evolución é algo crucial, especialmente en entornos especialmente críticos, coma poden ser as cidades, nas cales a conxunción dunha gran densidade de poboación e movementos en áreas, polo xeral, pequenas, fai que sexa crucial coñecer cal é o nivel destes axentes contaminantes. Desta forma, as autoridades poden adoptar medidas, tanto no eido da saúde pública, para previr enfermidades asociadas a unha elevada presenza de ditos contaminantes, como de protección do medio ambiente, para evitar que se causen danos ó entorno no que vivimos.

Así, dende a Axencia Espacial Europea (ESA) lanzouse, no ano 2017, un satélite de observación terrestre nomeado Sentinel-5 Precursor (ou Sentinel-5P). Dito satélite, que se enmarca dentro do Programa Copernico, emprega un instrumento denominado espectrómetro, co obxectivo de monitorizar a contaminación atmosférica. Desta forma, TROPOMI proporciona observacións de forma diaria de gases atmosféricos que son chave á hora de monitorizar a calidade do aire e realizar predicións sobre a evolución da mesma, coma poden ser o metano (CH_4), monóxido de carbono (CO), formaldehído ($HCHO$), dióxido de nitróxeno (NO_2), ozono (O_3), aerosol ou dióxido de xofre (SO_2).

Este satélite proporciona datos a dous niveis distintos:

- Nivel 1 (L1): datos crus, que conteñen unicamente referencias temporais e información coma parámetros de xeoreferencias ou calibración.

- Nivel 2 (L2): datos derivados dos de nivel 1, pero con variables xeofísicas derivadas na mesma resolución e ubicación

Existe outro nivel, o Nivel 3 (L3), no cal as variables están mapeadas en escalas cuadrículas, en espazo e tempo, uniformes e con consistencia. Será este o nivel que nos interese alcanzar nos nosos datos, para poder obter con eles un agregado mensual que nos permita ver a media ou crear climatoloxías para poder observar anomalías nos mesmos.

O obxectivo deste traballo é, por tanto, empregar os datos que nos proporciona este satélite para, mediante a realización de diferentes operacións sobre os mesmos, poder facer un seguimento da evolución ó longo do tempo da contaminación en diversas cidades de España. Decidiuse escoller este ámbito debido a que, ó tratarse dun área relativamente reducida, o procesamento dos datos será máis sinxelo, posto que será preciso procesar menos arquivos de menor tamaño.

1.1. Obxectivos do traballo

Os obxectivos deste traballo de fin de grao son os seguintes:

1. Mapear a contaminación atmosférica a partir de datos de sensores remotos, con especial relevancia en entornos urbanos
2. Monitorizar a variabilidade e tendencia dos diferentes parámetros satelitais relacionados coa contaminación do aire.
3. Desenvolver un visor online que permita representar de forma dinámica a información.
4. Implementar un sistema interoperable de distribución dos datos e produtos.

1.2. Estrutura da memoria

A presente memoria estrutúrase do seguinte xeito:

- **Capítulo 2:** Especificación de requisitos. Este capítulo describe detalladamente os requisitos e criterios que debe cumprir o proxecto.
- **Capítulo 3:** Deseño. Aquí explicaremos todo o relativo ó proceso de deseño do software ata acadar a súa versión final. Tamén se comenta a metodoloxía empregada para o seu desenvolvemento, así como as diferentes tecnoloxías das que se fixo uso no mesmo.
- **Capítulo 4:** Probas. Esta sección trata sobre as probas realizadas, así como os resultados das mesmas.

- **Capítulo 5:** Conclusións e posibles ampliacións. Neste último capítulo preséntanse as conclusións obtidas após realizar o proxecto, así como propostas de melloras sobre o mesmo ou posibles ampliacións futuras.

1.3. Descrición do sistema

Como se explicou nos obxectivos do traballo, o sistema que deseñemos terá como finalidade poder monitorizar a variabilidade e tendencia de diferentes parámetros, obtidos a través de datos de satélite, os cales se empregan para medir a contaminación do aire.

Será preciso, por tanto, deseñar un módulo mediante o cal poidamos descargar os datos de TROPOMI, obtidos a través da ESA, para poder traballar con eles, realizando as transformacións anteriormente mencionadas. Así, empregando as APIs proporcionadas, poderemos deseñar unha función que busque un determinado produto (por exemplo, NO_2) no catálogo de COPERNICUS, filtrando os resultados para centrarnos nun área de interese (neste caso, a Península Ibérica) e datas concretas. Construindo unha query, e empregando a librería `requests`, descargaremos os arquivos para, posteriormente, transformatos. Ademais, os arquivos veñen en formato `.zip`, polo que será preciso, neste módulo, descomprimilos para poder obter os arquivos de formato `.nc` cos que debemos traballar. Este módulo será desenvolvido na linguaxe Python.

Por outra parte, deseñaremos outro módulo, tamén en Python, no cal poidamos traballar cos arquivos descargados. Os datos que descargamos son de nivel 2, polo que temos que realizar operacións cos mesmos para transformatos en datos agregados por mes. Para isto, será preciso empregar `HARP`, unha ferramenta que permite ler e procesar datos de satélite, permitindo a inxesta de arquivos e o traballo cos mesmos.

Capítulo 2

Especificación de Requisitos

Especificación dos requisitos máis relevantes do Sistema, xunto coa información que este debe almacenar e as interfaces con outros Sistemas, sexan hardware ou software, e outros requisitos (rendemento, seguridade, etc.).

Capítulo 3

Deseño

Debe describirse como se realiza o Sistema, a división deste en diferentes compoñentes e a comunicación entre eles. Así mesmo, determinarase o equipamento hardware e software necesario, xustificando a súa elección no caso de que non fose un requisito previo. Debe achegarse a un nivel suficiente de detalle que permita comprender a totalidade da estrutura do produto desenvolvido, utilizando no posible representacións gráficas.

Capítulo 4

Probas

Plan de probas (con evidencias) que verifica a funcionalidade e correctitude global do sistema, e se leva a cabo.

Capítulo 5

Exemplos (eliminar capítulo na versión final)

5.1. Un exemplo de sección

Esta é *letra cursiva*, esta é **letra negrilla**, esta é letra subrallada, e esta é **letra curier**. Letra tiny, scriptsize, small, large, Large, LARGE e moitas más. Exemplo de fórmula: $a = \int_0^\infty f(t)dt$. E agora unha ecuación aparte:

$$S = \sum_{i=0}^{N-1} a_i^2. \quad (5.1)$$

As ecuaciones se poden referenciar: ecuación (5.1).

5.1.1. Un exemplo de subsección

O texto vai aquí.

5.1.2. Outro exemplo de subsección

O texto vai aquí.

Un exemplo de subsubsección

O texto vai aquí.

Un exemplo de subsubsección

O texto vai aquí.

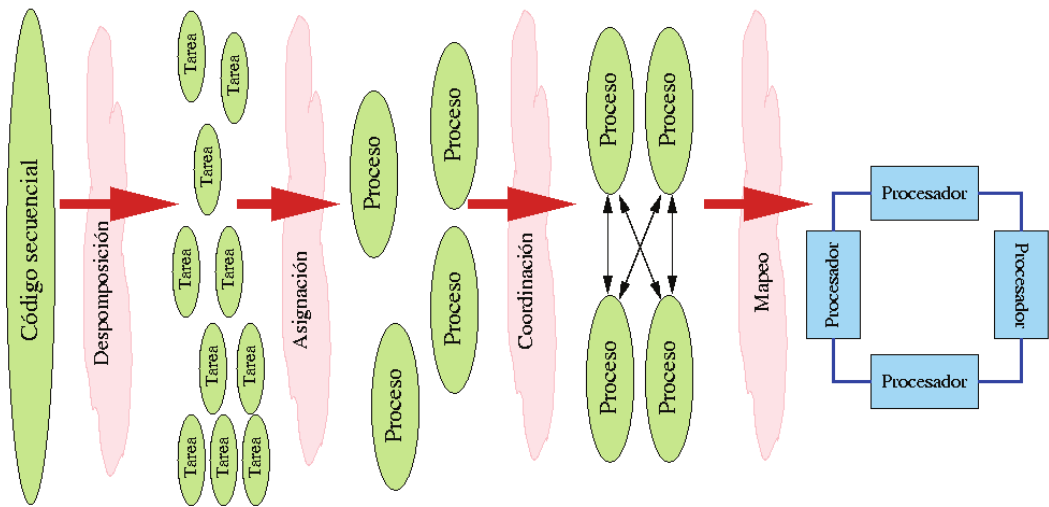


Figura 5.1: Esta é a figura de tal e cal.

Izquierda	Derecha	Centrado
ll	r	cccc
llll	rrr	c

Cadro 5.1: Esta é a táboa de tal e cal.

Un exemplo de subsubsección

O texto vai aquí.

5.2. Exemplos de figuras e cadros

A figura número 5.1.
O cadro (taboa) número 5.1.

5.3. Exemplos de referencias á bibliografía

Este é un exemplo de referencia a un documento descargado da web [1]. E este é un exemplo de referencia a unha páxina da wikipedia [2]. Agora un libro [3] e agora unha referencia a un artigo dunha revista [4]. Tamén se poden por varias referencias á vez [1, 3].

5.4. Exemplos de enumeraciones

Con puntos:

- Un.
- Dous.
- Tres.

Con números:

1. Catro.
2. Cinco.
3. Seis.

Exemplo de texto verbatim:

```
0 texto          verbatim
  se visualiza tal
    como se escribe
```

Exemplo de código C:

```
#include <math.h>
main()
{  int i, j, a[10];
   for(i=0;i<=10;i++) a[i]=i; // comentario 1
   if(a[1]==0) j=1; /* comentario 2 */
   else j=2;
}
```

Exemplo de código Java:

```
class HelloWorldApp {
    public static void main(String[] args) {
        System.out.println("Hello World!"); // Display the string.
    }
}
```


Capítulo 6

Conclusións e posibles ampliacións

O traballo describe o grao de cumprimento dos obxectivos. Posibles vías de mellora.

Apéndice A

Manuais técnicos

En función do tipo de Traballo e metodoloxía empregada, o contido poderase dividir en varios documentos. En todo caso, neles incluírase toda a información precisa para aquelas persoas que se vaian encargar do desenvolvemento e/ou modificación do Sistema (por exemplo código fonte, recursos necesarios, operacións necesarias para modificacións e probas, posibles problemas, etc.). O código fonte poderase entregar en soporte informático en formatos PDF ou postscript.

Apéndice B

Manuais de usuario

Incluirán toda a información precisa para aquelas persoas que utilicen o Sistema: instalación, utilización, configuración, mensaxes de erro, etc. A documentación do usuario debe ser autocontida, é dicir, para o seu entendemento o usuario final non debe precisar da lectura doutro manual técnico.

Bibliografía

- [1] Nvidia CUDA programming guide. Versión 2.0, 2010. Disponible en <http://www.nvidia.com>.
- [2] Acceso múltiple por división de código. Artigo da wikipedia (<http://es.wikipedia.org>). Consultado o 2 de xaneiro do 2010.
- [3] R.C. Gonzalez e R.E. Woods, *Digital image processing*, 3ª edición, Prentice Hall, New York, 2007.
- [4] P. González, J.C. Cartex e T.F. Pelas, “Parallel computation of wavelet transforms using the lifting scheme”, *Journal of Supercomputing*, vol. 18, no. 4, pp. 141-152, junio 2001.