



Escuela
Politécnica
Superior

Técnicas de aprendizaje automático aplicadas a la estimación del estado de cultivos mediante series temporales



Grado en Ingeniería en Sonido e Imagen en Telecomunicación

Trabajo Fin de Grado

Autor:

Anaida Fernández García

Tutor/es:

Juan Manuel López Sánchez

Tomás Martínez Marín

Marzo 2020



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Técnicas de aprendizaje automático aplicadas a la estimación del estado de cultivos mediante series temporales

Autor

Anaida Fernández García

Tutor/es

Juan Manuel López Sánchez

Dpto. de Física, Ing. Sistemas y Teoría de la Señal

Tomás Martínez Marín

Dpto. de Física, Ing. Sistemas y Teoría de la Señal



Grado en Ingeniería en Sonido e Imagen en Telecomunicación



Escuela
Politécnica
Superior



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

ALICANTE, Marzo 2020

Justificación y Objetivos

Poner aquí un texto breve que debe incluir entre otras:

“las razones que han llevado a la realización del estudio, el tema, la finalidad y el alcance y también los agradecimientos por las ayudas, por ejemplo apoyo económico (becas y subvenciones) y las consultas y discusiones con los tutores y colegas de trabajo. [1]”

Agradecimientos

Este trabajo no habría sido posible sin el apoyo y el estímulo de mi colega y amigo, Doctor Rudolf Fliesning, bajo cuya supervisión escogí este tema y comencé la tesis. Sr. Quentin Travers, mi consejero en las etapas finales del trabajo, también ha sido generosamente servicial, y me ha ayudado de numerosos modos, incluyendo el resumen del contenido de los documentos que no estaban disponibles para mi examen, y en particular por permitirme leer, en cuanto estuvieron disponibles, las copias de los recientes extractos de los diarios de campaña del Vigilante Rupert Giles y la actual Cazadora la señorita Buffy Summers, que se encontraron con William the Bloody en 1998, y por facilitarme el pleno acceso a los diarios de anteriores Vigilantes relevantes a la carrera de William the Bloody.

También me gustaría agradecerle al Consejo la concesión de Wyndham-Pryce como Compañero, el cual me ha apoyado durante mis dos años de investigación, y la concesión de dos subvenciones de viajes, una para estudiar documentos en los Archivos de Vigilantes sellados en Munich, y otra para la investigación en campaña en Praga. Me gustaría agradecer a Sr. Travers, otra vez, por facilitarme la acreditación de seguridad para el trabajo en los Archivos de Munich, y al Doctor Fliesning por su apoyo colegial y ayuda en ambos viajes de investigación.

No puedo terminar sin agradecer a mi familia, en cuyo estímulo constante y amor he confiado a lo largo de mis años en la Academia. Estoy agradecida también a los ejemplos de mis difuntos hermano, Desmond Chalmers, Vigilante en Entrenamiento, y padre, Albert Chalmers, Vigilante. Su coraje resuelto y convicción siempre me inspirarán, y espero seguir, a mi propio y pequeño modo, la noble misión por la que dieron sus vidas.

Es a ellos a quien dedico este trabajo.

*A mi esposa Marganit, y a mis hijos Ella Rose y Daniel Adams,
sin los cuales habría podido acabar este libro dos años antes ¹*

¹Dedicatoria de Joseph J. Roman en "An Introduction to Algebraic Topology"

*La distancia, que es el impedimento principal del progreso de la
humanidad, será completamente superada, en palabra y acción.
La humanidad estará unida, las guerras serán imposibles,
y la paz reinará en todo el planeta.*

Nikola Tesla.

Índice general

Lista de Acrónimos y Abreviaturas	xxi
1 Introducción	1
1.1 Contexto	1
1.1.1 Tecnología	1
1.1.2 Caso particular	2
1.2 Objetivos	2
1.3 Estructura de la memoria	2
2 Marco Teórico (Con ejemplos de listas)	3
2.1 Técnicas de regresión y machine learning	3
2.2 Teledetección	4
2.3 Estimación de parámetros físicos de cultivos mediante regresión	4
Bibliografía	7

Índice de figuras

Índice de tablas

Índice de Códigos

Lista de Acrónimos y Abreviaturas

AAS	Australian Acoustical Society.
ADAA	Asociación de Acústicos Argentinos.
AES	Audio Engineering Society.
APA	American Psychological Association.
ASA	Acoustical Society of America.
CSIC	Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
EAA	European Acoustics Association.
I-INCE	International Institute of Noise Control Engineering.
ICA	International Congress on Acoustics.
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers.
IIAV	International Institute of Acoustics and Vibration.
IOA	Institute Of Acoustics.
ISRA	International Symposium on Room Acoustics.
ISVA	International Seminar on Virtual Acoustics.
SEA	Sociedad Española de Acústica.
TFG	Trabajo Final de Grado.
TFM	Trabajo Final de Máster.

1 Introducción

La telecomunicación se puede definir como toda transmisión y/o emisión y recepción de señales que representan signos, escritura, imágenes y sonidos o información de cualquier naturaleza por hilo, radioelectricidad, medios ópticos u otros sistemas electromagnéticos [2]. Esto permite compartir información útil a distancia y engloba un amplio conjunto de sistemas y tecnologías.

En este apartado nos vamos a centrar en situarnos dentro de los distintos sistemas de telecomunicación, y más detenidamente en los relevantes para este proyecto. A continuación, se expondrán los objetivos concretos que se quieren alcanzar. Y, por último, cómo se va a organizar la memoria del proyecto.

1.1 Contexto

Las telecomunicaciones forman parte de nuestro día a día y tienen cometidos de lo más variados: desde mandar un simple mensaje hasta comunicarse con una estación espacial, pero todos ellos engloban el manejo o el hecho de compartir información a distancia.

1.1.1 Tecnología

Dentro de los sistemas de telecomunicación encontramos la radio, la televisión, la telefonía fija y móvil, Internet por banda ancha o datos, la radionavegación o la teledetección. Todos ellos utilizan ondas electromagnéticas para sus comunicaciones, aunque estas se realicen mediante distintos medios de transmisión, que pueden ser guiados o no guiados, y con las modulaciones que se adapten a las necesidades de cada sistema.

Este proyecto se va a centrar en el sistema de la teledetección, definido como la adquisición de información un objeto, área o fenómeno, ya sea usando instrumentos de grabación o instrumentos de escaneo en tiempo real inalámbricos o que no están en contacto directo con el objeto, según la Real Academia de Ingeniería (RAI) [2]. Estos instrumentos van a medir la radiación electromagnética que emiten o reflejan los objetos observados. Algunos de estos instrumentos pueden ser cámaras fotográficas, láseres, sistemas de radar o sonar, y pueden ser pasivos, miden la radiación natural emitida o reflejada, o activos, emiten energía que posteriormente será reflejada y detectada.

Los instrumentos de medida, ya sean pasivos o activos, tienen la ventaja de poder estar situados a grandes distancias de la localización donde se quiera realizar la detección. Es por ello que se encuentran normalmente en satélites, aviones, barcos, etcétera, dependiendo de lo que se quiera medir. Las aplicaciones que engloba la teledetección son muy numerosas y suelen estar enfocadas a estudios científicos de ciertas áreas de la Tierra.

1.1.2 Caso particular

Una vez introducida la tecnología existente para el área de este proyecto, concretamos cuál va a ser nuestra situación.

Ya que la aplicación en la que se mueve este proyecto es la agrícola, siendo esta la observación y adquisición de información de cultivos para su posterior estudio fenológico, la tecnología que se va a utilizar para ello son sistemas radar (radio detection and ranging), sistema activo, situado en un satélite artificial denominado Sentinel-1, del Programa Copérnico de la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA)

1.2 Objetivos

1.3 Estructura de la memoria

$$a_0 \tag{1.1}$$

2 Marco Teórico (Con ejemplos de listas)

2.1 Técnicas de regresión y machine learning

Hacer una lista es simple en \LaTeX . Para ello has de crear un entorno (así se llama) `itemize` con

```
\begin{itemize}  
...  
\end{itemize}
```

Y dentro de esa estructura, añadir cada elemento de la lista precedido de

```
\item primer ítem de lista  
\item segundo ítem de lista  
...  
\item ultimo ítem de lista
```

Es importante que revises este texto tal como aparece en la plantilla y relaciones el aspecto que tiene el PDF final con cómo está escrito el documento \LaTeX .

Aquí va una lista con subtérminos:

```
\begin{itemize}  
\item Ingeniería Informática.  
\item Ingeniería Sonido e Imagen en Telecomunicación.  
\item Ingeniería Multimedia.  
  \subitem Mención: Creación y ocio digital.  
  \subitem Mención: Gestión de Contenidos.  
\end{itemize}
```

El resultado es el siguiente:

- Ingeniería Informática.
- Ingeniería Sonido e Imagen en Telecomunicación.
- Ingeniería Multimedia.
 - Mención: Creación y ocio digital.
 - Mención: Gestión de Contenidos.

Aquí va una lista con subtérminos pero numerada:

```
\begin{enumerate}  
\item Ingeniería Informática.  
\item Ingeniería Sonido e Imagen en Telecomunicación.
```

```

\item Ingeniería Multimedia.
\begin{enumerate}
  \item Mención: Creación y ocio digital.
  \item Mención: Gestión de Contenidos.
\end{enumerate}
\end{enumerate}

```

El resultado es el siguiente:

1. Ingeniería Informática.
2. Ingeniería Sonido e Imagen en Telecomunicación.
3. Ingeniería Multimedia.
 - a) Mención: Creación y ocio digital.
 - b) Mención: Gestión de Contenidos.

2.2 Teledetección

2.3 Estimación de parámetros físicos de cultivos mediante regresión

Puedes realizar una lista de conceptos con su definición del siguiente modo:

```

\begin{description} % Inicio de la lista
\item[MAPP XT:] Programa desarrollado por \textit{Meyer Sound} para el diseño y ajuste de sistemas ↵
  ↵ formados por altavoces de su marca.
\begin{description} % Realiza una lista dentro de la lista
\item[Ventajas:]~
  El programa permite realizar múltiples ajustes tal como se podría realizar en la realidad con un ↵
  ↵ procesador real.

  Permite analizar la fase recibida en cualquier punto y compararla con otras mediciones.

  Dispone de varios tipos de filtros, inversiones de fase, etc.
\item[Inconvenientes:]~
  No existe una lista global de los altavoces ubicados en el plano, por lo tanto solo se pueden editar ↵
  ↵ seleccionándolos sobre el plano.

  Sólo permite diseñar en 2 dimensiones, principalmente sobre la vista lateral ya que los array de ↵
  ↵ altavoces no permite voltearlos.
\end{description}
\end{description}

```

Y \LaTeX genera lo siguiente:

MAPP XT: Programa desarrollado por *Meyer Sound* para el diseño y ajuste de sistemas formados por altavoces de su marca.

Ventajas: El programa permite realizar múltiples ajustes tal como se podría realizar en la realidad con un procesador real.

Permite analizar la fase recibida en cualquier punto y compararla con otras mediciones.

Dispone de varios tipos de filtros, inversiones de fase, etc.

Inconvenientes: No existe una lista global de los altavoces ubicados en el plano, por lo tanto solo se pueden editar seleccionándolos sobre el plano.

Sólo permite diseñar en 2 dimensiones, principalmente sobre la vista lateral ya que los array de altavoces no permite voltearlos.

Bibliografía

- [1] AENOR. *norma une 50136:1997.*, 1997. URL http://docubib.uc3m.es/CURSOS/Documentos_cientificos/Normas%20y%20directrices/UNE_50136=ISO%207144.pdf.
- [2] DE INGENIERÍA, R.A. *Diccionario español de ingeniería*, 2014. URL <http://diccionario.raing.es/es>.
- [3] HEINZ, CARSTEN, M. and HOFFMANN, J. *The listings package, march 2014.* <http://texdoc.net/texmf-dist/doc/latex/listings/listings.pdf>, 2014. URL <http://texdoc.net/texmf-dist/doc/latex/listings/listings.pdf>.
- [4] VILLA, D. *Latex: Listados de código cómodos y resultones con listings.* <http://crysol.org/es/node/909>, 2008. URL <http://crysol.org/es/node/909>.
- [5] BOE. *Resolución de 7 de marzo de 2012, de la universidad de alicante, por la que se publica el plan de estudios de graduado en ingeniería multimedia.* BOE, 22 marzo de 2012, 2012. URL <http://www.boe.es/boe/dias/2012/03/22/pdfs/BOE-A-2012-4008.pdf>.
- [6] MCCARTHY, B. *Sound systems: design and optimization: modern techniques and tools for sound system design and alignment.* CRC Press, 2012.
- [7] COX, T.J., D'ANTONIO, P., and SCHROEDER, M. *Acoustic absorbers and diffusers, theory, design and application. The Journal of the Acoustical Society of America*, volume 117(3), 2005:988–988.
- [8] AULD, B.A. *Acoustic fields and waves in solids.* , 1973.
- [9] GRIFFIN, D.R. *Listening in the dark: the acoustic orientation of bats and men.*, 1958.
- [10] BOLL, S. *Suppression of acoustic noise in speech using spectral subtraction. IEEE Transactions on acoustics, speech, and signal processing*, volume 27(2), 1979:113–120.
- [11] FANT, G. *Acoustic theory of speech production: with calculations based on X-ray studies of Russian articulations*, volume 2. Walter de Gruyter, 1971.
- [12] COLTON, D. and KRESS, R. *Inverse acoustic and electromagnetic scattering theory*, volume 93. Springer Science & Business Media, 2012.
- [13] BURDIC, W.S. *Underwater acoustic system analysis.* Prentice Hall, 1991.
- [14] KEMP, D.T. *Stimulated acoustic emissions from within the human auditory system. The Journal of the Acoustical Society of America*, volume 64(5), 1978:1386–1391.
- [15] ROSENBAUM, J. *Bulk acoustic wave theory and devices.* Artech House on Demand, 1988.

-
- [16] BIOT, M.A. *Mechanics of deformation and acoustic propagation in porous media. Journal of applied physics*, volume 33(4), 1962:1482–1498.
 - [17] RAO, N., SHUKLA, P., and YU, M.Y. *Dust-acoustic waves in dusty plasmas. Planetary and space science*, volume 38(4), 1990:543–546.
 - [18] EISENSTEIN, D.J., ZEHAVID, I., HOGG, D.W., SCOCCIMARRO, R., BLANTON, M.R., NICHOL, R.C., SCRANTON, R., SEO, H.J., TEGMARK, M., ZHENG, Z., ET AL. *Detection of the baryon acoustic peak in the large-scale correlation function of sdss luminous red galaxies. The Astrophysical Journal*, volume 633(2), 2005:560.
 - [19] CERJAN, C., KOSLOFF, D., KOSLOFF, R., and RESHEF, M. *A nonreflecting boundary condition for discrete acoustic and elastic wave equations. Geophysics*, volume 50(4), 1985:705–708.
 - [20] LEIGHTON, T. *The acoustic bubble*. Academic press, 2012.
 - [21] HINTON, G., DENG, L., YU, D., DAHL, G.E., MOHAMED, A.R., JAITLEY, N., SENIOR, A., VANHOUCHE, V., NGUYEN, P., SAINATH, T.N., ET AL. *Deep neural networks for acoustic modeling in speech recognition: The shared views of four research groups. IEEE Signal Processing Magazine*, volume 29(6), 2012:82–97.
 - [22] CONRAD, R. *Acoustic confusions in immediate memory. British journal of Psychology*, volume 55(1), 1964:75–84.
 - [23] BADDELEY, A.D. *Short-term memory for word sequences as a function of acoustic, semantic and formal similarity. The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, volume 18(4), 1966:362–365.
 - [24] KUSHWAHA, M.S., HALEVI, P., DOBRZYNSKI, L., and DJAFARI-ROUHANI, B. *Acoustic band structure of periodic elastic composites. Physical review letters*, volume 71(13), 1993:2022.
 - [25] MUTHUPILLAI, R., LOMAS, D., ROSSMAN, P., GREENLEAF, J.F., MANDUCA, A., and EHMAN, R.L. *Magnetic resonance elastography by direct visualization of propagating acoustic strain waves. science*, volume 269(5232), 1995:1854–1857.
 - [26] BARKAN, A., MERLINO, R.L., and D’ANGELO, N. *Laboratory observation of the dust-acoustic wave mode. Physics of Plasmas*, volume 2(10), 1995:3563–3565.
 - [27] AKYILDIZ, I.F., POMPILI, D., and MELODIA, T. *Underwater acoustic sensor networks: research challenges. Ad hoc networks*, volume 3(3), 2005:257–279.
 - [28] SHAW, M. and GARLAN, D. *Software architecture: perspectives on an emerging discipline*, volume 1. Prentice Hall Englewood Cliffs, 1996.
 - [29] MITOLA, J. *Cognitive radio—an integrated agent architecture for software defined radio*, 2000.
 - [30] ULRICH, K. *The role of product architecture in the manufacturing firm. Research policy*, volume 24(3), 1995:419–440.
-

-
- [31] HEINZELMAN, W.B., CHANDRAKASAN, A.P., and BALAKRISHNAN, H. *An application-specific protocol architecture for wireless microsensor networks*. *IEEE Transactions on wireless communications*, volume 1(4), 2002:660–670.
 - [32] BLAKE, S., BLACK, D., CARLSON, M., DAVIES, E., WANG, Z., and WEISS, W. *An architecture for differentiated services*. Technical report, 1998.
 - [33] ANDERSON, J.R. *The architecture of cognition*. Psychology Press, 2013.
 - [34] FOSCHINI, G.J. *Layered space-time architecture for wireless communication in a fading environment when using multi-element antennas*. *Bell labs technical journal*, volume 1(2), 1996:41–59.
 - [35] HENNESSY, J.L. and PATTERSON, D.A. *Computer architecture: a quantitative approach*. Elsevier, 2011.
 - [36] HUBEL, D.H. and WIESEL, T.N. *Receptive fields, binocular interaction and functional architecture in the cat's visual cortex*. *The Journal of physiology*, volume 160(1), 1962:106–154.
 - [37] FODOR, J.A. and PYLYSHYN, Z.W. *Connectionism and cognitive architecture: A critical analysis*. *Cognition*, volume 28(1), 1988:3–71.
 - [38] JIA, Y., SHELHAMER, E., DONAHUE, J., KARAYEV, S., LONG, J., GIRSHICK, R., GUADARRAMA, S., and DARRELL, T. *Caffe: Convolutional architecture for fast feature embedding*. In *Proceedings of the 22nd ACM international conference on Multimedia*. ACM, 2014, pp. 675–678.
 - [39] SIMON, H.A. *The architecture of complexity*. In *Facets of systems science*. Springer, 1991, pp. 457–476.
 - [40] RESNICK, P., IACOVOU, N., SUCHAK, M., BERGSTROM, P., and RIEDL, J. *Grouplens: an open architecture for collaborative filtering of netnews*. In *Proceedings of the 1994 ACM conference on Computer supported cooperative work*. ACM, 1994, pp. 175–186.
 - [41] ALEXANDER, G.E. and CRUTCHER, M.D. *Functional architecture of basal ganglia circuits: neural substrates of parallel processing*. *Trends in neurosciences*, volume 13(7), 1990:266–271.
 - [42] BASS, L. *Software architecture in practice*. Pearson Education India, 2007.
 - [43] FOWLER, M. *Patterns of enterprise application architecture*. Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., 2002.
 - [44] WOLNIANSKY, P.W., FOSCHINI, G.J., GOLDEN, G., and VALENZUELA, R.A. *V-blast: An architecture for realizing very high data rates over the rich-scattering wireless channel*. In *Signals, Systems, and Electronics, 1998. ISSSE 98. 1998 URSI International Symposium on*. IEEE, 1998, pp. 295–300.
 - [45] BUSCHMANN, F., HENNEY, K., and SCHIMDT, D. *Pattern-oriented Software Architecture: on patterns and pattern language*, volume 5. John wiley & sons, 2007.
-

- [46] HUBEL, D.H. and WIESEL, T.N. *Receptive fields and functional architecture of monkey striate cortex. The Journal of physiology*, volume 195(1), 1968:215–243.
 - [47] FAHLMAN, S.E. and LEBIERE, C. *The cascade-correlation learning architecture. In Advances in neural information processing systems*, 1990, pp. 524–532.
 - [48] JUANMA. *Adadfnsd*, 2019.
 - [49] ADS. *Telemetry: Summary of concept and rationale*, 1987. URL <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1987STIN...8913455./abstract>.
-