

ROLANDO CARRASCO | LUIS A. RIVEROS



EL GRAN RETO PRESENTE

AUTOMATIZACIÓN Y LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

TREGOLAM



© **El Gran Reto presente.** Automatización y la inteligencia artificial

© Dr. Rolando A. Carrasco González

© Dr. Luis A. Riveros Cornejo

ISBN papel: 978-84-18411-08-3

Editado por Tregolam (España)
© Tregolam (www.tregolam.com). Madrid
Calle Colegiata, 6, bajo - 28012 - Madrid
gestion@tregolam.com

Todos los derechos reservados. All rights reserved.

Diseño de portada: © Tregolam
Imagen de portada: © Shutterstock

1ª edición: 2020

ESTE LIBRO HA SIDO PATROCINADO POR LA UNIVERSIDAD CENTRAL DE CHILE

Reservados todos los derechos. No se permite la reproducción total o parcial de esta obra, ni su incorporación a un sistema informático, ni su transmisión en cualquier forma o por cualquier medio (electrónico, mecánico, fotocopia, grabación u otros) sin autorización previa y por escrito de los titulares del copyright. La infracción de dichos derechos puede constituir un delito contra la propiedad intelectual.

Impreso en España
Printed in Spain





AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIA

Agradecimiento a la Editorial Tregolam Literatura por su efectivo apoyo. También a H. Oscar Wenzel U. (director técnico Área Laboratorios I+D de Cooprinsem (Osorno, Chile) por su contribución en la discusión de aportes sobre la aplicación de conocimientos científicos en las áreas agrícola y acuícola. También a Mauricio Cornejo B. y Patricia Asenjo G. por su apoyo en distintas etapas del proceso de elaboración de este libro. Asimismo, a Víctor Sánchez, por su eficiente trabajo de algunas sugerencias y correcciones del libro. Agradecemos a la Universidad Central de Chile por su patrocinio institucional.

Dedicamos esta obra a nuestras esposas, hijos y nietos, y ciertamente a las sucesivas generaciones de estudiantes que han atendido nuestras clases.



CONTENIDOS

Capítulo I. El conocimiento tecnológico en países en desarrollo y sus debilidades inherentes

Introducción

La sociedad de la información

La mentalidad minera en Chile

El papel de la ciencia y el sistema educativo

Capítulo II. Creatividad e innovación

Introducción

Creatividad y libertad de pensamiento

Creatividad y resolución de problemas

Robótica y automatización

Tipos de automatización y robótica industrial

El entorno de la sociedad y la tecnología

Capítulo III. Metodología y algoritmos para la inteligencia artificial

Introducción

La inteligencia artificial (IA)

Inteligencia artificial versus inteligencia biológica

Aplicaciones prácticas de la inteligencia artificial

Métodos de inteligencia artificial en ciencia, ingeniería y negocios

sistemas expertos

Algoritmos evolutivos (AE)

Algoritmos genéticos

Sistema híbrido

Redes neurales

Multilayer perceptrón

Técnicas de redes neuronales artificiales

Modelo de propagación posterior parcialmente recurrente para

redes neuronales

Métodos bayesianos para redes neuronales

Funciones de base radial para redes neuronales

Redes neuronales convolucionales

Procesos de aprendizaje para las redes neuronales Macrodatos

(*big data*) en la industria

Capítulo IV. Tecnología y desarrollo de los servicios de salud

Introducción

Aplicaciones robóticas en la salud

Seis importantes aplicaciones robóticas en la medicina

Inteligencia artificial en la medicina

El futuro de la inteligencia artificial en la salud

Complejidad y nuevos desafíos tecnológicos en la salud

Capítulo V. Transformaciones tecnológica en la educación

Introducción

El impacto de la tecnología en la educación

Inteligencia artificial en la educación

Alfabetización digital (*digital literacy*)

Replantear los roles de los educadores

Complejidad en la educación

Reflexión final

Capítulo VI. Nuevos métodos de producción en la agricultura y los sectores forestal, acuícola y pesquero, y minero

Introducción

Tecnología en el sector agrícola

Difusión tecnológica en la agricultura

Equipamiento en la agricultura

Aplicaciones de la inteligencia artificial en la agricultura

Los robots: un nuevo desafío en la agricultura

Tecnología en el sector forestal

Introducción

Inteligencia artificial en el sector forestal

Tecnología en el sector acuícola y pesquero

Introducción

Uso del aprendizaje automático y la IA en el sector pesquero

Desarrollo de la piscicultura de alta producción sustentable

Robots marinos y tendencias en robótica marina

Tecnología en el sector de la minería

Introducción

El cobre en Chile

Propiedades Antibacteriales

Automatización y telecomunicaciones

Robots en la minería

La inteligencia artificial en la minería

Capítulo VII. Desarrollos tecnológicos en los negocios, la superinteligencia y la singularidad

Introducción

Desarrollos tecnológicos en los negocios

Aplicación de la inteligencia artificial en el comercio y en las finanzas

Sobrecarga de información

Superinteligencia y singularidad

Introducción

La singularidad

Aprendizaje en la máquina y *software*

Capítulo VIII. Características de sistemas complejos

Introducción

La complejidad:

Características de sistemas complejos y dinámicos

Medidas de la complejidad

Discusión de la medición de la complejidad

A modo de epílogo

Bibliografía y referencias

Apéndice I

Sistemas dinámicos: linealidad, periodicidad y cuasi-periodicidad, determinismo
Sistemas caóticos: teoría de la bifurcación, espacio de fase, dimensión fractal y dimensión de la información

Apéndice II

Profundidad lógica y profundidad termodinámica

Grado de organización: complejidad efectiva, complejidad eficaz de la medida y complejidad estadística

Apéndice III

Teorema de Bayes, redes neuronales bayesianas

Apéndice IV

Funciones de base radial: redes neuronales (*Mathematical model*)

LOS AUTORES

Rolando A. Carrasco González. Obtuvo su licenciatura en Ingeniería Eléctrica en la Universidad Técnica del Estado (UTE) de Chile en 1969, y ostenta los títulos de Chartered Engineer (UK, 1985) y Fellow Engineer (IET, 1990) en el Reino Unido. Obtuvo su Doctorado en Filosofía (PhD) en Procesamiento de Señales Digitales en la Universidad de Newcastle, UK, en 1980, además del grado de Doctor en Ciencias (DSc) en 2010. Ostenta un PGD (Post-Graduate Diploma) en Educación otorgado en 1990 por la Universidad de Staffordshire, UK. Se le concedió el premio IEE Heaviside (UK) en 1982 por su trabajo de investigación en sistemas multiprocesadores. Entre 1970 y 1972 trabajó (sistemas de medida de energía eléctrica) en SAESA, Chile, y fue profesor en la sede de la UTE-Temuco (1972-1975), Chile.

Entre 1980 y 1982 fue contratado como investigador asociado (Postdoctorado) por la Universidad de Newcastle (UK) donde llevó a cabo una investigación sobre comunicación submarina. Entre 1982 y 1984, se desempeñó como Ingeniero de desarrollo en Alfred Peters Ltd., Sheffield, UK (MEDITECH, Tecnología Médica), donde llevó a cabo investigación y desarrollo en procesamiento de señales asociado con el estímulo y la respuesta coclear (diseño e implemento un nuevo instrumento). Trabajó en la Universidad de Staffordshire (área de Ingeniería y Computación) entre 1984 y 2003, como *senior Lecturer*,

principal Lecturer y Professor, jefe del grupo de Ingeniería Electrónica y decano asociado encargado de recursos, consultoría industrial e investigación de la Facultad de Ingeniería. En 2004, se incorporó a la Universidad de Newcastle como *Professor* de comunicaciones móviles. En la Escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica fue director de innovación y desarrollo empresarial y director del grupo de investigación en comunicaciones y procesamiento de señales (en la Escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica).

Sus intereses principales de investigación son la codificación/decodificación de la información, nuevos algoritmos de DSP, teoría del caos y redes neurales para aplicaciones en sistemas de comunicaciones, desarrollo de algoritmos para reconocimiento de la voz e identificación del parlante, calidad de servicio y aplicaciones en telefonía móvil (3G Y 4G), sistemas de redes de sistemas de comunicación tecnológica y computadores, y cómo mejorar la calidad del servicio en educación y salud. Cuenta con más de 329 (IEE-UK/IEEE-USA) publicaciones científicas con referencia internacional.

(<http://scholar.google.co.uk/citations?user=GKEmUJoAAAAJ>), siete capítulos en textos de referencias (*Books*), patentes a su nombre y dos libros titulados: *Non-Binary Error Control Coding for Wireless Communication and Data Storage* publicado por John Wiley & Son, Ltd. e *Innovación para crecer en calidad. Propuesta para una mejor educación* publicado en la editorial USACH, Colección Educación ISBN: 978-856-303-383-0. Anteriormente, ha supervisado 50 exitosos estudiantes de doctorado. Ganó varios proyectos de investigación financiados por EPSRC, BT (British Telecom, UK), MOD (Ministerio de

Defensa, UK), dos de ellos en colaboración (EPSRC) con la Universidad de Cambridge (2002-2008) y con la Universidad de Lancaster (2003-2006).

Ha sido examinador externo de doctorados en las siguientes universidades: Cambridge, Imperial College, Southampton, Leeds, King College, Dublín, Manchester, Hull, York, Lancaster, Sussex, Hallam de Sheffield, Universidad de Mondragón (España), Universidad de Chile y Universidad de Santiago (Chile), entre otras. También ha sido examinador externo de Cursos de Enseñanza de Pregrado y Postgrado (Máster) en varias Universidades (Lancaster, Cranfield, Sussex y Aberty). Ha sido orador invitado y presidente de varios comités (IET, IEEE) nacionales e internacionales de conferencias, miembro del colegio EPSRC y evaluador de Proyectos de Investigación EPSRC. Se ha desempeñado, además, como miembro de varios paneles de acreditación y control de calidad de la educación, ha dictado varios cursos sobre enseñanza y aprendizaje, metodología de investigación y sistema de mentor en universidades chilenas: Santiago, Frontera y de Chile. Ha dictado cursos de *Chanel Coding* por una semana en cada una de las siguientes universidades en China: Beihang University (Beijing), Shang Hai Jiao Tong University (Shanghai), Huazhong University of Science and Technology (Wuham). En Europa ha dictado cursos en el área de Ingeniería en las Universidades de Mondragón y Valencia (España), y en la Universidad Politécnica de Toulouse (Francia). Actualmente, es *Emeritus Professor* en la Universidad de Newcastle, UK y profesor visitante en la Universidad de Aston, UK.

Luis A. Riveros Cornejo. Es profesor de Estado y economista con estudios de Licenciatura en Filosofía con mención en Historia. Obtuvo un magíster en Ciencias con mención en Economía en la Universidad de Chile, y es también máster y doctor (PhD) en Economía por la Universidad de California, en Berkeley, con especialización en Econometría y Economía Laboral. Fue becario de la Fundación Ford para sus estudios de Doctorado. Es autor de 19 libros, 74 artículos en *journals* con comité editorial y 22 capítulos incluidos en libros de otros autores. Sus temas de investigación y publicaciones se han centrado en educación, macroeconomía, mercados laborales y distribución del ingreso. Ha sido distinguido por sus investigaciones que tempranamente abordaron los conceptos de rentabilidad económica y social de la educación chilena, y ha sido considerado internacionalmente como un experto en materias de mercado laboral y ajuste macroeconómico. Ha sido conferencista en foros tan importantes como DAVOS, la Association of American Universities y la Association of European Universities, además del Foro Internacional de Rectores en Sevilla, así como en alrededor de 25 universidades en Chile, Latinoamérica y el resto del mundo. Ha sido director del Departamento de Economía y de la Escuela de Graduados de la Facultad de Economía y Negocios de la Universidad de Chile y dirigió el Panel Permanente sobre Coyuntura Económica de la Universidad de Chile durante el período 1980 _1984. También se desempeñó como decano de la Facultad de Economía y Negocios entre 1994 y 1998 y ocupó el cargo de rector de la Universidad de Chile por dos períodos consecutivos entre 1998 y 2006. Ha sido docente en las áreas de Economía y Administración como también académico en el Instituto

de Estudios Internacionales y en la Facultad de Ciencias Sociales de la Universidad de Chile. Se desempeñó como investigador en la División de Ajuste Macroeconómico y en la División de Educación del Banco Mundial entre 1984 y 1990, participando en diversos programas que el Banco impulsó en países como Costa Rica, México, Colombia, Perú, Nigeria, Filipinas, República Checa y Polonia, entre otros. Ha sido también miembro del Directorio de IESALC-UNESCO y directivo de la Asociación de Universidades del Rim del Pacífico entre los años 2001 y 2006. También ha sido presidente del Consejo Latinoamericano de Escuelas de Administración (CLADEA) en el período 1996-1999 y secretario permanente de la Sociedad Econométrica Latinoamericana el año 1998. Fue también miembro del Consejo Resolutivo de Asignaciones Parlamentarias del Congreso Nacional de Chile en el período 2011-2018.

Es profesor titular de la Universidad de Chile y profesor honorario y presidente del Consejo Consultivo Internacional de la Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México. Actualmente es Profesor Titular Regular y decano de la Facultad de Economía, Gobierno y Comunicaciones de la Universidad Central de Chile, profesor de la Academia Superior de Estudios Policiales, miembro del Consejo Científico de la Fundación Andrzej Dembiczy de Varsovia-Polonia y presidente de la Fundación Transurbano de Chile. Además, es miembro de número de la Academia Chilena de Ciencias Sociales, Políticas y Morales del Instituto de Chile y de la Sociedad Chilena de Historia y Geografía, miembro de la Academia de Historia Militar y miembro honorario del Instituto O'higiniano de Chile. Asimismo, es miembro correspondiente de las Academias de Ciencias Sociales

de Colombia y Argentina. Ha sido distinguido con la Orden Andrés Bello otorgada por el Gobierno de Venezuela, la Medalla de Honor conferida por el Gobierno de Polonia y la Membresía de Honor de la Academia de Ciencias de Rusia. También le han entregado diversas distinciones las universidades Central de Venezuela, San Marcos de Lima, Córdoba de Argentina, Lille de Francia, entre otras. Ha sido también distinguido con la Condecoración Senado de la República de Chile por su destacado rol como académico nacional e internacionalmente.

PREFACIO

Este libro no se dirige exclusivamente a quienes estén vinculados académica o profesionalmente a temas científicos y tecnológicos. Se dirige al ciudadano promedio, así como a docentes, investigadores, innovadores, emprendedores y empresarios, todos quienes necesitan información sobre el actual estado de progreso en materia de automatización e inteligencia artificial, y en cómo esto está cambiando la vida de cada persona y la evolución de la sociedad.

El libro discute conceptos centrales sobre estas materias y reporta el resultado de investigaciones y experiencias de los autores en materia de investigación académica, trabajo con empresas y desenvolvimiento en diversas universidades europeas y latinoamericanas, especialmente británicas y chilenas. Así, se provee información sobre las tendencias actuales del cambio tecnológico y su impacto en diversas áreas del quehacer económico y social, junto a la exposición de los fundamentos teóricos que han dado lugar a las aplicaciones en automatización e inteligencia artificial (IA), así como las perspectivas de nuevos desarrollos.

Para que la sociedad asuma estas nuevas tendencias y comprenda sus repercusiones, es necesario que el ciudadano promedio, y muy en especial los innovadores, aprecien el actual papel que juega la tecnología y el desarrollo tecnológico, así como la incidencia en

distintos ámbitos del desarrollo científico y las nuevas tecnologías de la información, computación, inteligencia artificial, robótica y comunicación. El libro pretende ser un estímulo para el desarrollo de nuevas generaciones de investigadores motivados por el amplio espectro del cambio fundamental que nuestra sociedad está viviendo y las preguntas fundamentales para que la sociedad asuma los costos y beneficios del cambio. Aspira también a ser una fuente de información para que se aprecie la arremetida significativa que la nueva tecnología está teniendo en esferas como la salud, la educación, la producción y los servicios, la cual, a la vez de amenazar los actuales puestos de trabajo, se constituye en un vaticinio de mayor bienestar social, más alta productividad y un profundo cambio en el giro de los empleos que se precisarán a futuro.

Para transitar exitosamente hacia una sociedad de creación e innovación basada en un nuevo conocimiento, es muy importante formar y capacitar profesionales que tengan las competencias adecuadas para crear, analizar y evaluar sistemas complejos. Entendemos por sistema complejo la existencia de varias partes interconectadas de un conjunto de fenómenos cuyos vínculos (interacciones), crean información adicional no visible antes por el observador. Este análisis requiere entender y considerar la estructura de los sistemas complejo-dinámicos como una rama de la ciencia en el proceso de enseñanza-aprendizaje, donde es necesario usar métodos cualitativos y cuantitativos para evaluar su complejidad, especialmente la de tipo no lineal. Esto ha de requerir de profesionales capaces de recomendar y usar las últimas tecnologías (robótica e inteligencia artificial), con el conocimiento necesario para resolver