



UNIVERSIDAD
DE LA REPUBLICA
URUGUAY

Nuevas tendencias en la aplicación de algoritmos al combate del crimen

Análisis del estado del arte e instanciación de un algoritmo de deep learning para la predicción espacio temporal del crimen en Montevideo

Guzman Vitar Eguren

Tesis de Grado presentada en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República, como parte de los requisitos necesarios para la obtención del título de Ingeniero en Producción Industrial.

Tutor de Tesis:

MSc. Ing. Prof. Guillermo Rela

Montevideo – Uruguay

Agosto de 2021

Vitar Eguren, Guzman

Nuevas tendencias en la aplicación de algoritmos al combate del crimen / Guzman Vitar Eguren. - Montevideo: Universidad de la República, Facultad de Ingeniería, 2021.

Tutor de Tesis:

Guillermo Rela

Tesis de Grado – Universidad de la República, Programa de Produccion Industrial, 2021.

Referencias bibliográficas: p. [69](#) – [72](#).

1. Aprendizaje Automático, 2. Aprendizaje profundo, 3. Redes neuronales, 4. ConvLSTM, 5. Predicción del crimen. I. Rela, Guillermo, . II. Universidad de la República, Programa de Posgrado de Produccion Industrial. III. Título.

Agradecimientos

Agradezco en primer lugar a mi familia que me apoyo durante toda la carrera y durante todo el proceso de la tesis, con todas sus dificultades y frustraciones, si no fuera por su aliento no habría llegado nunca hasta aquí. En este sentido agradezco especialmente a mi padre, el Ing. Gabriel Vitar, que me promovió el amor por las ciencias exactas desde muy temprana edad.

Agradezco también a las autoridades del Ministerio del Interior que me brindaron su tiempo de manera generosa y sin esperar nada a cambio; es mi deseo poderles devolver con mi trabajo algo del suyo. En este sentido agradezco especialmente al Crio Mayor Fabricio Fagundez, al Ing Federico Laca, a la Crio. Mayor Ana Sosa, al Crio. Mayor Gonzalo Larrosa y al Oficial Principal Isaias Olivera.

Agradezco a mi tutor de tesis Guillermo Rela que creyó en mi, me habilitó, y me apoyó con su conocimiento y con su trabajo a cada paso de este largo y arduo camino para poder cumplir el sueño de recibirme realizando esta tesis.

Por último agradezco a todos mis compañeros de estudio y de trabajo, docentes, o amigos que, siendo demasiados para nombrarlos, marcaron igualmente mi camino.

”Conoce al enemigo y conócete a
ti mismo: tu victoria no será
arriesgada. Conoce el terreno y
el cielo, tu victoria será total”

Sun Tzu, siglo v a. C.

RESUMEN

El combate del delito es uno de los problemas mas generalizados, de mayor impacto y a su vez mas complejos que enfrentan las sociedades modernas en todo el mundo. Como tal ha sido abordado manera multidisciplinaria, con aportes desde instituciones públicas, la academia y el sector privado.

Por su parte, la ingeniería ha estado también al servicio de la seguridad creando herramientas para facilitar el trabajo de las fuerzas de la ley. En particular en los últimos años se han propuesto una gran variedad de innovaciones desde la ingeniería y la matemática aplicada al combate del crimen.

Partiendo de una mirada integradora, se decidió iniciar el presente trabajo con una revisión bibliográfica de las principales innovaciones que se han propuesto en las últimas dos décadas para el combate del crimen en el mundo.

Para la segunda parte del trabajo se optó por la aplicación de un modelo de Deep Learning para la predicción espacio temporal del crimen. Esta selección se realizó tomando en cuenta tanto la actualidad del tema en sí, como la realidad del Ministerio del Interior, buscando siempre la factibilidad de aplicación.

Se analizaron alternativas y dificultades del modelado de la ocurrencia del crimen a través de redes neuronales por modelos predictivos, adaptando un algoritmo novedoso desarrollado originalmente para la predicción del clima.

El trabajo finaliza con la discusión de los resultados, diagramando como puede mejorarse la capacidad predictiva del sistema, así como las dificultades que puede presentar su implementación.

Destacamos por último, que este trabajo aporta un nuevo enfoque, el de la inteligencia artificial, a las investigaciones iniciadas recientemente en nuestro país en la predicción del crimen, a la vez que un insumo de valor para la puesta en práctica de un sistema de este tipo en nuestra policía.

Palabras claves:

Aprendizaje Automático, Aprendizaje profundo, Redes neuronales, ConvLSTM, Predicción del crimen.

Lista de figuras

2.1	Modelo de un perceptrón.	30
2.2	Red neuronal completamente conectada.	31
2.3	Red neuronal recurrente	34
2.4	Actualización de estados en una red LSTM	35
2.5	Operación de convolución	37
2.6	Operación de max pooling	37
2.7	Vecinos espacio temporales de un pico puntual del crimen	39
2.8	Celda convLSTM	41
4.1	Pre-procesamiento de los datos del crimen.	57
4.2	Resumen del modelo	59
5.1	Comparación entre predicción y realidad para dos turnos	67
1.1	Histogramas de la rapiña para 2018 y 2019	74
1.2	Mapas de rapiña en días aleatorios	75

Tabla de contenidos

Lista de figuras	VIII
1 Relevamiento Bibliográfico - Fundamentos	1
1.1 Introducción	1
1.2 Relevamiento - Fundamentos	3
1.2.1 Análisis de Redes Sociales	3
1.2.2 Procesos Estocásticos y Procesos Puntuales	8
1.2.3 Modelado Ecosistémico	13
1.2.4 Teoría de Juegos	16
1.2.5 Machine Learning	19
1.3 Selección del Tema a Desarrollar	25
2 Marco Teórico: Deep Learning	27
2.1 Desarrollo histórico	28
2.2 Modelado de un Perceptrón	29
2.3 La Red Completamente Conectada	30
2.4 Redes Recurrentes	33
2.4.1 Redes Recurrentes	33
2.4.2 Redes Long Short Term Memory	34
2.5 Redes Convolucionales	36
2.6 Dificultades para el Modelado del Crimen con las Redes LSTM y Convolucionales	38
2.7 La Red convLSTM	40
3 Antecedentes para la Aplicación de Deep Learning en la Pre- dicción del Crimen en Montevideo	43
3.1 Análisis Criminal en la Policía Nacional	43
3.1.1 Introducción	43

3.1.2	Recursos Predictivos	45
3.2	Sistemas de Hostpot Policing en la Ciudad de Montevideo . . .	46
3.3	Modelos Predictivos: Antecedentes en Uruguay	47
4	Metodología	49
4.1	Formulación del Problema	49
4.1.1	Marco del diseño	49
4.1.2	Fuentes para la predicción	52
4.2	Metodología	53
4.2.1	Pre-procesamiento	53
4.3	Modelado con la Red convLSTM2D	57
4.3.1	Arquitectura	57
4.3.2	Entrenamiento	59
4.3.3	Métricas relevantes	61
5	Resultados y Discusión	63
5.1	Resultados	63
5.2	Acciones a futuro	65
	Bibliografía	69
	Glosario	72
	Apéndices	73
	Apéndice 1 Visualizaciones.	74
	Apéndice 2 Código en Python	76
2.1	Implementación en PyTorch de una red convLSTM	76
2.2	Procesamiento de datos y entrenamiento de la red	82