Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería ACOFI
LA FORMACIÓN DE INGENIEROS: UN COMPROMISO PARA EL DESARROLLO Y LA SOSTENIBILIDAD
15 al 18 DE SEPTIEMBRE 2020
www.acofi.edu.co/eiei2020

SISTEMA DE PREDICCIÓN DE DAÑO ECOLÓGICO PARA MEJORAMIENTO DE CONDICIONES EN SALUD PÚBLICA

Lilia Edith Aparicio Pico, Paulo César Coronado Sánchez

Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Bogotá, Colombia

Resumen

La extracción ilegal de minerales a cielo abierto representa una de las actividades con mayor impacto ambiental sobre una zona, provocando daños en muchos casos irreparables, esto la ha convertido en uno de los puntos prioritarios de las agendas gubernamentales de varios países a lo largo del mundo.

De acuerdo con lo anterior, el objetivo de este proyecto es determinar un modelo predictivo en zonas geográficas que presenten ambientes degradados y nocivos para la salud pública por extracción ilegal de minerales a cielo abierto, haciendo uso de redes neuronales multicapa e imágenes satelitales. Para lo anterior se realizaron procesamientos experimentales que permitieron interrelacionar información geográfica bajo contextos socio económicos obteniendo un sistema predictivo que permitirá tomar decisiones preventivas y correctivas en materia de Salud Pública gubernamental y sus políticas públicas asociadas.

El desarrollo y la implementación del modelo de inteligencia computacional, se encuentra bajo diversas estrategias, principalmente redes neuronales convolucionales multicapa y aprendizaje automático, entre otros métodos disponibles. También se encuentran a disposición técnicas de análisis multitemporal que por medio del desarrollo metodológico planteado en el documento permiten la comparación de los resultados, obteniendo suficiente información para definir la evolución del daño ecológico.

Otro aspecto está centrado en desarrollar un modelo base de procesamiento que facilite el análisis del daño ecológico y como resultado de la experimentación previa al desarrollo de un proyecto más amplio en el contexto de los modelos de análisis de daño ecológico que ayuden a dar respuestas al manejo de estos resultados sobre políticas de salud pública.

De otra parte, el impacto en el medio está orientado en que sea un modelo que permita facilitar y mostrar la importancia del tratamiento de los datos disponibles, como del desarrollo de los diferentes métodos computacionales de predicción y que encaminen el proceso a la transferencia al medio científico como las diferentes organizaciones que tienen interés en el proceso de analizar el daño ecológico producido por la extracción de minerales a cielo abierto, con fines de mejorar aspectos de respuestas ante los posibles desastres.

Palabras clave: salud pública; aprendizaje de máquina; degradación del terreno

Abstract

The illegal extraction of minerals in the open air represents one of the activities with the greatest environmental impact on an area, causing damage in many cases irreparable, this has made it one of the priority points on the government agendas of various countries throughout the world.

In accordance with the above, the objective of this project is to determine a predictive model in geographic areas that present degraded environments that are harmful to public health due to illegal extraction of minerals in the open sky, using multilayer neural networks and satellite images. For this, experimental procedures were carried out that allowed geographic information to be interrelated under socio-economic contexts, obtaining a predictive system that will allow making preventive and corrective decisions regarding government Public Health and its associated public policies.

The development and implementation of the computational intelligence model is under various strategies, mainly multilayer convolutional neural networks and machine learning, among other available methods. Multitemporal analysis techniques are also available that, through the methodological development outlined in the document, allow the results to be compared, obtaining enough information to define the evolution of ecological damage.
Another aspect is focused on developing a base processing model that facilitates ecological damage analysis and as a result of experimentation prior to the development of a broader project in the context of ecological damage analysis models that help to provide management responses. of these results on public health policies.

On the other hand, the impact on the environment is aimed at making it a model that allows facilitating and showing the importance of the treatment of the available data, such as the development of the different computational prediction methods and that guide the process to transfer to the environment scientist as well as the different organizations that are interested in the process of analyzing the ecological damage produced by the extraction of minerals in the open air, in order to improve aspects of responses to possible disasters.

Keywords*: public health; machine learning; land degradation*

1. Introducción

En Colombia el fenómeno de la extracción ilegal de minerales es un problema de impacto multidimensional con especial incidencia en la salud pública. Según reporte de la Procuraduría General de la Nación (Procuraduría, 2019), este tipo de actividad afecta la salud física y psicológica de los habitantes por las condiciones de marginalidad en que se produce, la ausencia de controles ambientales, la degradación indiscriminada de la superficie terrestre y la contaminación debido a la liberación de sustancias tóxicas. Usualmente, las zonas en los cuales se desarrolla la minería ilegal a cielo abierto son controladas en gran parte por grupos armados ilegales (UNODC, 2019), que aprovechan la vulnerabilidad socio-económica de la población - generada por décadas de abandono estatal; e implantan una dinámica de subordinación permeada por el terror, el sentido de desarraigo - principalmente un componente colonizador en donde la población nativa se ve desplazada; todo ello apalancado por un estado cuya presencia no es integral y se caracteriza por políticas de intervención que son truncadas por prácticas de corrupción.

Sumado al impacto local, se presenta un deterioro de la salud general y en equilibrio ecosistémico considerando que más de la mitad de todas las explotaciones mineras ilegales se realizan en reservas forestales o parques naturales.

Es este escenario de abandono estatal, falta de oportunidades, presencia de malos manejos contra el ecosistema y diferentes niveles; las comunidades consideran como inevitable la explotación insostenible de sus recursos y los grupos de trabajo ambiental carecen de las herramientas que les permita denunciar - y hacer seguimiento, a los procesos de degradación ambiental que se suceden. Pareciese que los avances tecnológicos con los que cuentan las autoridades fuesen insuficientes para detener los tentáculos de las mafias que se apoderan de los territorios, convirtiéndose en explotadores y opresores ante la mirada renuente de los entes de control. Esto ha generado una emergencia, en algunas regiones, de la cultura de lo ilegal como mecanismo válido de desarrollo, en sintonía con lo que Juárez (2015) planteaba como una relación inadecuada de medios-fines en la comunidad.

Como elemento para contribuir a la solución de la problemática se propone una ingeniería para un sistema de predicción de daño ecológico, que no dependa del control de una organización particular o estatal. Es decir, que orbite según la filosofía de lo abierto (tecnologías abiertas, datos abiertos, licencias abiertas) y provea recursos que puedan ser utilizados por la sociedad para detectar, analizar, visualizar y distribuir información concerniente a la degradación del territorio debido a daño ecológico. En general, se propone un sistema de predicción que valore un índice de marginalidad (I_m) de un territorio y después de cierto umbral obtenga - de manera automática; información que permita evaluar daños ecológicos por cambio en el uso de la tierra y coberturas. Con esto se plantea luego un modelo de predicción de la dinámica de degradación y determinación de las zonas de impacto en salud pública conforme a metadatos que caractericen las comunidades en ejercicios de participación ciudadana.

2. Predicción de Daño Ecológico

La predicción de un fenómeno de degradación ambiental debido a factores antrópicos es compleja. Existe poca probabilidad que un estudio pueda abarcar, o siquiera declarar, las variables de las que se vale el ser humano para tomar la decisión de intervenir una zona y por tanto el proceso de predicción se realizan en un contexto de incertidumbre y conocimiento incompleto de los dominios. Quizás por esto, los estudios de predicción están enfocados no a encontrar un modelo general infalible, sino uno óptimo que presente unas probabilidades de éxito dentro de unos límites aceptables de trabajo. Existen referentes que estudian imágenes satelitales y ortofotos para lograr niveles adecuados de precisión en los pronósticos empleando técnicas tradicionales (Castellanos, 2016), o de aprendizaje de máquina (Meregu y Jain, 2013) (Terenzi y Lanzetta, 2018). No obstante, estas aproximaciones no consideran los aspectos socio-culturales, económicos y políticos que llevan a una comunidad a degradar, permitir la degradación, o asistir a la degradación de sus ecosistemas.

En el trabajo aquí presentado se recurre a una mixtura de técnicas que buscan agregar a los análisis tradicionales el componente de *desencadenamiento* basado en índices de marginalidad. Luego, se presenta una secuencia de análisis de imágenes (manual), clasificación (aprendizaje de máquina), segmentación (espacial - denotativo), comparación (índice de similitud estructural - vecino cercano), dinámica de terreno (vectores de crecimiento), predicción (reducto de vectores - reconstrucción espacial); y visualización (2d y pseudo 3D). Todo coordinado para constituir un modelo de predicción de la dinámica de degradación ambiental a partir del análisis multidimensional/multitemporal de los cambios en la cobertura en las zona de estudio.

3. Índice de Marginalidad

Se parte de una segmentación espacial del territorio que generan un conjunto de Zonas Objeto de Estudio (ZOE). Para cada una de estas zonas se calcula un índice de Marginalidad de acuerdo a los datos abiertos de índice de desarrollo que se encuentren disponibles en Internet - la base de fuentes se construyó en un ejercicio de análisis de antecedentes pero se pretende mantener con un enfoque contributivo basado en la valoración. Como atributos básicos se han tomado: área rural, demografía, etnografía, altitud, clima, distancia de centros urbanos, clasificación del suelo, cambios de uso del suelo, índice de pobreza multidimensional, tasa de natalidad, tasa de mortalidad, tasa de escolaridad, entre otros. Los pesos de los atributos se asigna de acuerdo a las disponibilidad de los valores, el valor relativo entre ZOE adyacentes y un criterio de aleatoriedad.

4. Aproximación al modelo de Predicción

Las ZOE que superen cierto umbral - determinado aleatoriamente o por análisis de dispersión; se constituyen en Zonas de Estudio en las cuales se realiza un proceso de análisis que responde a la siguiente arquitectura general y que se concreta en un conjunto de programas, escritos principalmente en Python y javascript, que implementan cuatro módulos para el proceso de predicción:

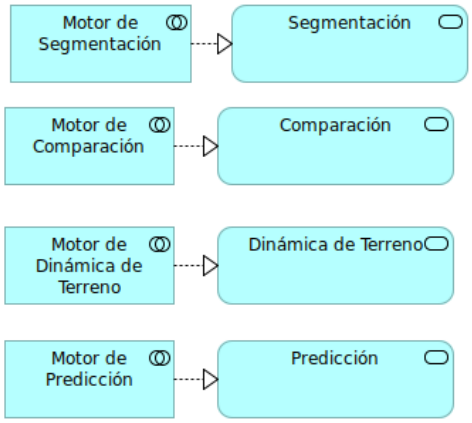

Figura: Arquitectura de Alto Nivel del Modelo de Predicción

5. Resultados

El módulo de segmentación se encarga de generar la Matriz de Clasificación (**M_c**), que contiene los valores de clasificación de la cobertura presente en una imagen tipo raster. En general, dado un conjunto de **I** de imágenes, capturadas en tiempos, no necesariamente equi-distanciados, **$t_1, t_2,\ldots,t_n$**, se identifican los atributos de degradación ambiental **d_1,d_2,d_3**; representados en una matriz de **nxm** cuyo dominio en cada uno de sus elementos es **{1,2,3}** - equivalentes a los atributos d_1,d_2 y d_3 respectivamente.

Cada una de las matrices de clasificación de segmentan usando dos técnicas complementarias: (a) Espacial: Consistente en seleccionar uno a varias columnas de cada matriz; y (b) Denotativa: Consistente en seleccionar solo los elementos con atributos de degradación. El motor de segmentación almacena los resultados de la segmentación en estructuras matriciales de 3 dimensiones, no necesariamente cúbicas.

Tomando las estructuras matriciales de 3 dimensiones se realiza una comparación entre los segmentos de las imágenes para determinar un reducto por: (a) Similitud: Los segmentos con similitud mayor a un umbral (u) definido se conservan y las demás se descartan. (b) exactitud: Los segmentos con exactitud de 1 (100%) son descartados de las matrices. Los métodos empleados son: ANN (Approximate Nearest Neighbor), k-nearest neighbors, Nearest neighbor distance ratio e índice de similitud estructural (SSIM).

A partir de los segmentos reducidos por la comparación se realiza un análisis de la dinámica de terreno que encuentra los vectores que representan los posibles cambios en terrenos. Tales vectores se almacenan en una matriz cuyo primer elemento constituye el punto de origen, el siguiente el punto de destino. A partir de estos datos el motor de predicción definirá el ángulo y la dimensión del vector. Por último, el módulo de predicción analiza los vectores de dinámica del terreno y selecciona aquellos en donde la dimensión sea superior a un umbral (Udt). A partir de la imagen base real de un tiempo t, el motor de predicción construye la matriz de predicción aplicando por

correlación cruzada cada uno de los vectores de dinámica de terreno. Esta matriz de predicción Mp se considera la parte final del proceso y se visualiza empleando el módulo correspondiente.

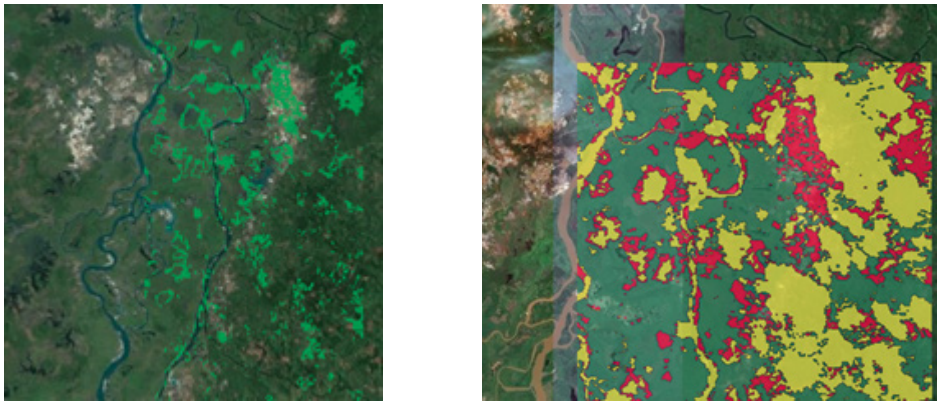

Figura: Clasificación de Suelos y Pronóstico de Degradación

6. Referencias

- Abu, M. y Abd Rahman, A. (2019). A study on Image Classification based on Deep Learning and Tensorflow. 12. 563-569.
- Castellanos, H. (2016). Diseño Metodológico Para Clasificar Zonas Mineras A Cielo Abierto A Través Del Procesamiento Digital De Imágenes De Sensores Remotos, Aplicado En El Nor-oriente Del Departamento De Antioquia. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Coffey, R. (2013). The difference between “land use” and “land cover”. Michigan State University Extension.
- Coker, F. (2014). Pulse: Understanding the Vital Signs of Your Business. Ambient Light Publishing. pp. 30.
- Gao, Y., Rehman, A. y Wang, Z. (2011). CW-SSIM based image classification. IEEE International Conference of Image Processing.
- INSPIRE, (2012). D2.8.III.4 INSPIRE Data Specification on Land Use – Draft Guidelines. INSPIRE Thematic Working Group Land Use.
- Merugu, S. y Jain, K. (2013). Change Detection and Estimation of Illegal Mining using Satellite Images. Proceedings of 2nd International Conference on Innovations in Electronics and Communication Engineering.
- Parsania, P. y Virparia, D. (2016). A Comparative Analysis of Image Interpolation Algorithms. IJARCCE. 5. 29-34.
- Rukundo, O. (2012). Nearest Neighbor Value Interpolation. International Journal of Advanced Computer Science and Applications
- Ruder, S. (2017). An overview of gradient descent optimization algorithms. Dublín, Irlanda: Insight Centre for Data Analytics.
- Szegedy, C., Liu, W., Jia, Y., Sermanet, P., Reed, S., Anguelov, D., Erhan, D., Vanhoucke, V., & Rabinovich, A. (2015). Going deeper with convolutions. 2015 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 1-9.

- Sun, B. y Robinson, D. (2018). Comparisons of Statistical Approaches for Modelling Land-Use Change. Land Journal.
- Terenzi, H. y Lanzetta, M. (2018). Detecting small-scale mines in Ghana.

Sobre los autores

- **Lilia Edith Aparicio Pico:** Física, Especialista en Gerencia de Proyectos Educativos, Magister en Teleinformática, Doctor en Ciencias Técnicas, Profesor Titular Universidad Distrital Francisco José de Caldas. medicina@udistrital.edu.co
- **Paulo César Coronado Sánchez:** Ingeniero Electrónico, Master en Ciencias de la Información y las Comunicaciones. Profesor Titular. paulocoronado@udistrital.edu.co

---

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2020 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)