
PROYECTO 1. TIPOS DE DATOS ABSTRACTOS

202200147 – Mario Rodrigo Balam Churunel

Resumen

La agricultura de precisión es una tendencia tecnológica global que busca optimizar la gestión de cultivos. En Guatemala, su adopción puede incrementar la competitividad del sector agrícola, aunque la inversión en infraestructura, como las redes de sensores, representa un impacto económico significativo. Este ensayo presenta una solución de software que aborda este desafío, optimizando la cantidad de estaciones base de recolección de datos mediante un algoritmo de agrupamiento. La solución, implementada en Python bajo el paradigma de Programación Orientada a Objetos, procesa datos de configuración en formato XML e identifica patrones de conectividad idénticos entre estaciones para fusionarlas. La principal conclusión es que es factible reducir significativamente la infraestructura física necesaria sin pérdida de información, logrando un sistema más rentable y escalable. La novedad del enfoque radica en el cumplimiento de estrictas restricciones de desarrollo, como la implementación manual de todos los Tipos de Datos Abstractos

Palabras clave

Agricultura de Precisión, Optimización, Agrupamiento, Python, XML.

Abstract

Precision agriculture is a global technological trend aimed at optimizing crop management. In Guatemala, its adoption can increase the competitiveness of the agricultural sector, although the investment in infrastructure, such as sensor networks, represents a significant economic impact. This essay presents a software solution that addresses this challenge by optimizing the number of data collection base stations through a clustering algorithm. The solution, implemented in Python under the Object-Oriented Programming paradigm, processes configuration data in XML format and identifies identical connectivity patterns among stations to merge them. The main conclusion is that it is feasible to significantly reduce the required physical infrastructure without information loss, achieving a more cost-effective and scalable system. The novelty of the approach lies in its adherence to strict development constraints, such as the manual implementation of all Abstract Data Types.

Keywords

Precision Agriculture, Optimization, Clustering, Python, XML.

Introducción

La modernización del sector agrícola es fundamental para la seguridad alimentaria y el desarrollo económico. La agricultura de precisión emerge como una respuesta tecnológica a este desafío, permitiendo una gestión de cultivos más eficiente y sostenible. Sin embargo, su implementación conlleva altos costos de infraestructura que pueden limitar su adopción. ¿Es posible diseñar una solución de software que minimice la inversión inicial en hardware sin sacrificar la calidad de los datos recolectados? Este ensayo tiene como propósito describir el desarrollo de un sistema de optimización que responde afirmativamente a esta interrogante. El sistema utiliza un enfoque algorítmico de agrupamiento para reducir la redundancia en una red de estaciones base, basándose en la premisa de que múltiples estaciones pueden ser reemplazadas por una sola si sus patrones de comunicación son idénticos. A continuación, se detallará la arquitectura del software, los algoritmos implementados y los resultados obtenidos durante el proyecto.

Desarrollo del tema

El núcleo de la solución se basa en un proceso estructurado que transforma la descripción de un campo agrícola en una configuración optimizada. Este proceso se divide en cuatro fases principales: carga de datos, construcción de matrices, agrupamiento y reducción.

a. Carga y Modelado de Datos

El sistema inicia con la lectura de un archivo XML que define la topología del campo: estaciones base,

sensores de suelo y sensores de cultivo, junto con sus frecuencias de comunicación. Para gestionar esta información en memoria, se utilizó el paradigma de Programación Orientada a Objetos, modelando cada entidad (Campo, Estación, Sensor) como una clase. Una restricción fundamental del proyecto fue la prohibición de usar estructuras de datos nativas de Python. Por ello, se implementó desde cero un Tipo de Dato Abstracto (TDA) de Lista Enlazada para manejar todas las colecciones de objetos, garantizando una gestión de memoria dinámica y un estricto control sobre las operaciones de datos.

b. Construcción de Matrices de Frecuencia y Patrones

Una vez cargados los datos, el primer paso algorítmico es su transformación a una representación matricial. Se generan dos matrices de frecuencia: $F[n,s]$ para sensores de suelo y $F[n,t]$ para sensores de cultivo, donde n es el número de estaciones. A partir de estas, se derivan dos matrices de patrones (Fp) donde cada celda es binaria: 1 si existe comunicación (frecuencia > 0) y 0 si no la hay. En el caso de inclusión de figuras, deben ser nítidas, legibles en blanco y negro. Se denominan figuras a gráficas, esquemas, fotografías u otros elementos gráficos.

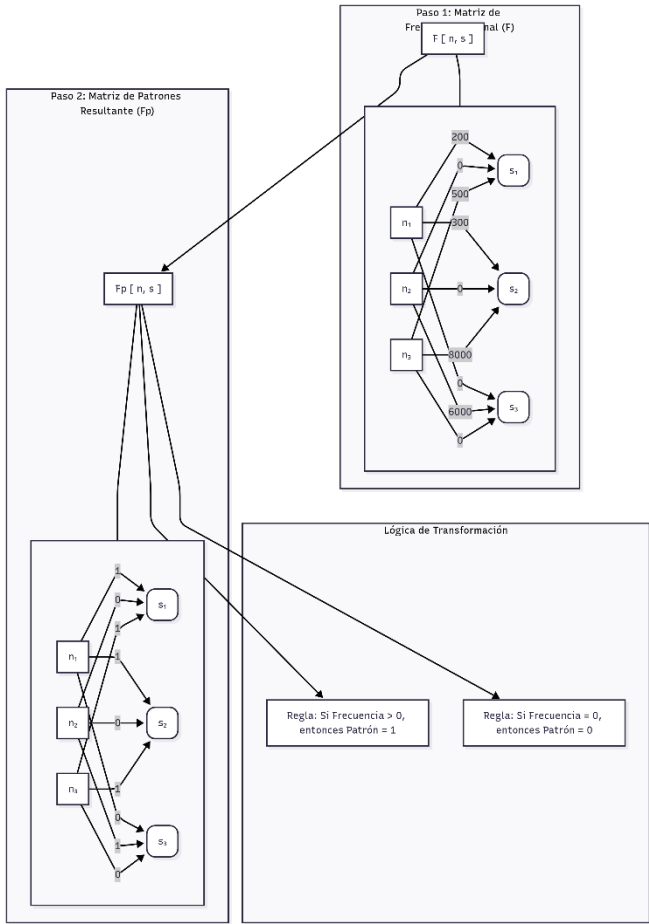


Figura 1. Proceso de transformación de Matriz de Frecuencia a Matriz de Patrones.

Fuente: elaboración propia.

Estas matrices de patrones son la clave del algoritmo, ya que abstraen la información de conectividad, permitiendo comparar el rol de cada estación de manera directa.

c. Algoritmo de Agrupamiento por Patrón

El algoritmo de agrupamiento es el corazón de la optimización. Su objetivo es identificar todas las estaciones que tienen filas idénticas en **ambas** matrices de patrones ('Fp_ns' y 'Fp_nt'). El proceso es el siguiente:

1. Se recorre cada estación 'i' de la lista.

- 2. Si la estación 'i' no ha sido agrupada, se crea un nuevo grupo para ella.
- 3. Se compara la fila de patrón de la estación 'i' con las filas de todas las estaciones subsecuentes 'j'.
- 4. Si los patrones de 'i' y 'j' coinciden y 'j' no ha sido agrupada, se añade 'j' al grupo de 'i'.

Este proceso garantiza que cada estación pertenezca a un único grupo. El resultado es una lista de grupos, donde cada grupo contiene los índices de las estaciones que son funcionalmente idénticas.

d. Reducción y Consolidación de Frecuencias.

La fase final consiste en construir las matrices reducidas ('Fr'). El número de filas de estas nuevas matrices es igual al número de grupos encontrados. Cada celda de la matriz reducida se calcula sumando las frecuencias de todas las estaciones originales que pertenecen a un mismo grupo, como se muestra en la Tabla I.

Tabla I.

Ejemplo de Cálculo para una celda en la Matriz Reducida.

ESTACIONES ORIGINALES	FRECUENCIA A SENSOR S1
ESTACION e01	1000
ESTACION e02	800
GRUPO1 (e01,e02)	1800

Fuente: elaboración propia.

El resultado de este proceso son los datos finales que representan la configuración óptima del campo, los

cuales son utilizados para generar el archivo XML de salida.

Conclusiones

El desarrollo de este proyecto demuestra que es posible aplicar algoritmos de agrupamiento para resolver problemas de optimización de infraestructura en el contexto de la agricultura de precisión. La solución no solo cumple con su objetivo funcional de reducir la redundancia de estaciones base, sino que también valida la importancia del diseño de software basado en TDA y POO para crear sistemas modulares y escalables, incluso bajo estrictas restricciones de implementación.

La principal postura que se desea transmitir es que la optimización algorítmica puede generar un impacto económico directo, reduciendo los costos de hardware sin comprometer la funcionalidad del sistema. Queda como tema abierto a la reflexión cómo estos algoritmos podrían adaptarse para considerar otras variables, como el rango de señal o el consumo energético, para una optimización aún más completa.

Referencias bibliográficas

Aho, A. V., Hopcroft, J. E., & Ullman, J. D. (1983). *Data Structures and Algorithms*. Addison-Wesley.

Gamma, E., Helm, R., Johnson, R., & Vlissides, J. (1995). *Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software*. Addison-Wesley.

Diagrama de Clase:

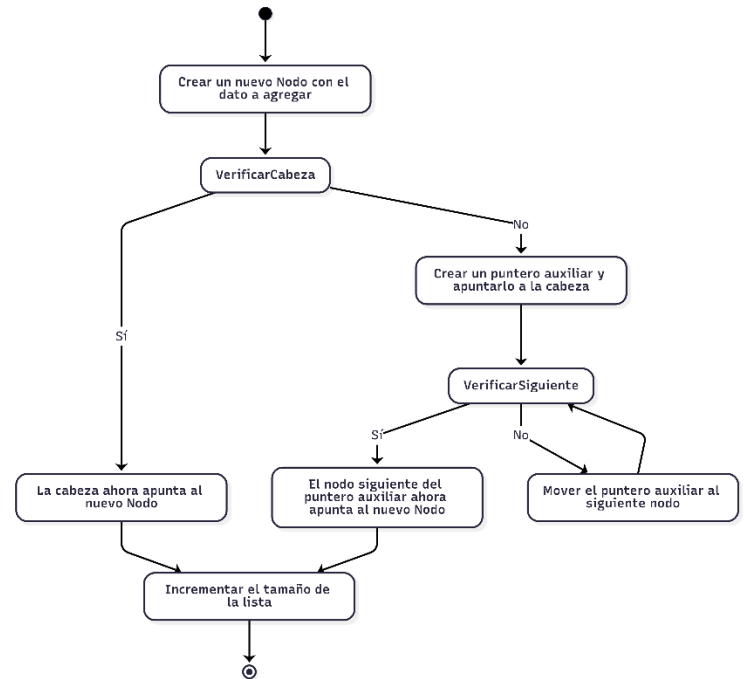
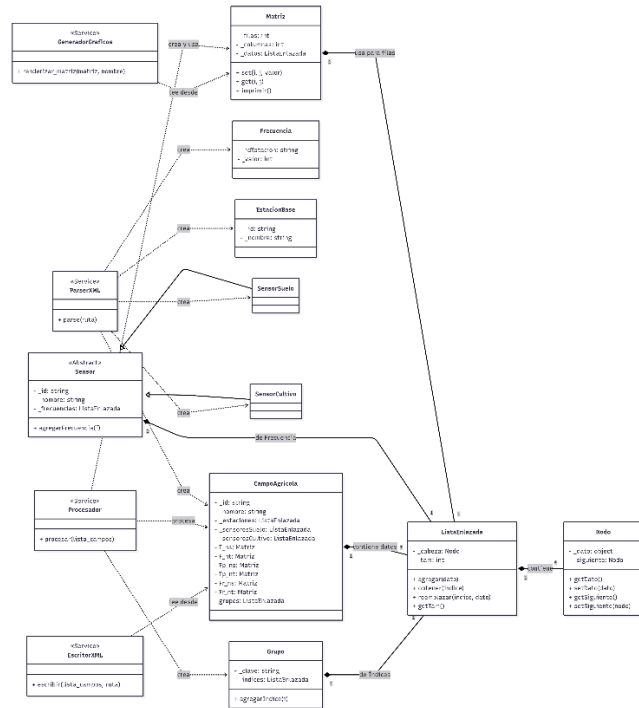


Diagrama de Actividades.

