

Classification of Microplastic Aging Using Machine Learning Techniques

Microplastic pollution is an escalating problem. Degradation processes significantly change the physico-chemical properties, environmental behavior and ecological impacts of microplastics; consequently, it is crucial to classify aged and pristine samples accurately. Identifying microplastics depends on methods like Scanning Electron Microscopy (SEM) imaging and Attenuated Total Reflectance Fourier-Transform Infrared (ATR-FTIR) spectroscopy. However, data analysis is frequently time-consuming and prone to mistakes caused by sample heterogeneity and lack of specific knowledge on effect of polymer degradation on results of characterization methods.

This study tackles these constraints by using machine learning (ML) and deep learning (DL) methods to distinguish microplastics through a dual-modality dataset obtained from FTIR spectra and SEM images.

A variety ML and DL models comprising conventional classifiers, pretrained models and tailored custom models which are fine-tuned for spectral data and SEM images were created, tested, and compared. To overcome the challenge of a small dataset, augmentation techniques that mimics potential scenarios are utilized for both imaging and spectral formats.

SEM image data was easily classified by all models, but only a custom 1D-CNN accurately handled the spectral data. Successful results demand modality-specific modelling. The primary goal of the study is to assess the suitability of ML/DL approaches for dual-modality microplastic characterization and to develop an integrated framework that enables more efficient, scalable, and objective analysis of microplastic aging.

By: Eren Pamuk

Advisor: Prof. Dr. İpek İmamoğlu

Co-Advisor: Prof. Dr. Ayşegül Aksoy

Makine Öğrenimi Teknikleri Kullanılarak Mikroplastik Yaşlanması Sınıflandırılması

Mikroplastik kirliliği giderek daha ciddi bir çevresel sorun hâline gelmektedir. Mikroplastiklerin zaman içinde geçirdiği degradasyon süreçleri, onların fizikokimyasal özelliklerini, çevresel davranışlarını ve ekolojik etkilerini önemli ölçüde değiştirmektedir. Bu nedenle, yaşlanmış ve bozulmamış mikroplastiklerin doğru bir şekilde sınıflandırılması büyük önem taşır. Günümüzde SEM görüntüleri ve ATR-FTIR spektroskopisi gibi yöntemler mikroplastiklerin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır; ancak bu yöntemlerden elde edilen verilerin analizi çoğu zaman hem zaman alıcıdır hem de örnek çeşitliliği ve polimer bozunmasının etkileri hakkında sınırlı bilgi nedeniyle hataya açıktır.

Bu çalışma, FTIR spektrumları ve SEM görüntülerinden oluşan çift modlu bir veri seti kullanarak mikroplastikleri ayırt etmek için makine öğrenimi (ML) ve derin öğrenme (DL) yöntemlerini uygulamayı amaçlamaktadır. Bu kapsamda, geleneksel sınıflandırıcılar, önceden eğitilmiş modeller ve hem spektral veriler hem de görüntü verileri için özel olarak tasarlanmış derin öğrenme modelleri dâhil olmak üzere geniş bir model yelpazesi oluşturulmuş ve değerlendirilmiştir. Veri setinin sınırlı olması nedeniyle hem görüntü hem de spektral verilerde gerçek koşulları taklit eden çeşitli veri artırma teknikleri kullanılmıştır.

İlk sonuçlar hem önceden eğitilmiş modellerin hem de özel olarak geliştirilen CNN tabanlı modelin SEM görüntülerinde yaşlanmış ve pristine örnekleri başarıyla ayırt edebildiğini göstermektedir. FTIR verilerinde ise yalnızca özel tasarlanmış 1D-CNN modelinin doğru sınıflandırma yapabildiği, diğer modellerin temel spektral desenleri yeterince öğrenemediği görülmüştür. Bu durum, farklı veri türlerinin farklı modelleme yaklaşımlarına ihtiyaç duyduğunu ve her modalite için özel mimarilerin daha iyi sonuç verdiğini ortaya koymaktadır.

Çalışmanın genel amacı, ML/DL tabanlı modellerin çift-modlu mikroplastik sınıflandırması için uygunluğunu ortaya koymak ve mikroplastik yaşlanmasının daha hızlı, ölçeklenebilir ve objektif bir şekilde analiz edilmesini sağlayacak bütünlüklü bir yöntem geliştirmektir.

Sunucu: Eren Pamuk

Tez Danışmanı: Prof. Dr. İpek İmamoğlu

Tez Eş Danışmanı: Prof. Dr. Ayşegül Aksoy