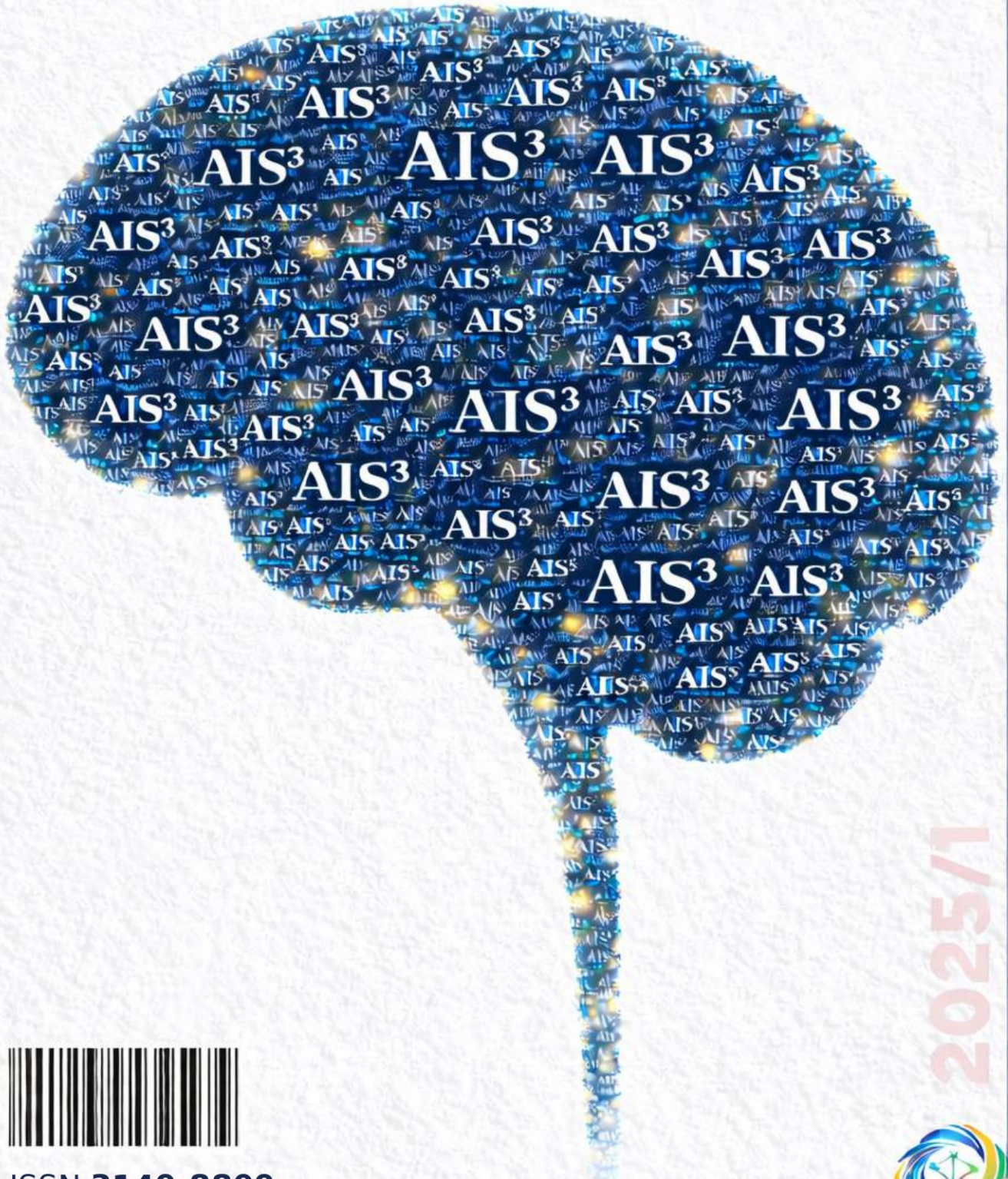




AIS³

*Artificial Intelligence Studies
in Society, Science and Systems*



ISSN 3149-8809

2025/1



Owner & Publisher / İmtiyaz Sahibi ve Yayımcı

Pruva Medya İletişim Ltd. Şti.

Fevzi Çakmak 2 Sk. No: 38/10 Kızılay/Ankara
Tel: 0 312 230 40 55

Managing Editor / Yazı İşleri Müdürü

Dr. Deniz Demiryakan

Düzce Üniversitesi, Düzce, Türkiye

ORCID 0000-0002-3565-3314

✉ denizdemiryakan@gmail.com

Editor in Chief / Baş Editör

Prof. Dr. Mehmet Dursun Erdem

Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, Ankara, Türkiye

ORCID 0000-0001-5731-2484

✉ mehmet.erdem@hbv.edu.tr

Editors / Editörler

Dr. Deniz Demiryakan

Düzce Üniversitesi, Düzce, Türkiye

ORCID 0000-0002-3565-3314

✉ denizdemiryakan@gmail.com

Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Anıl Müngen

OSTİM Teknik Üniversitesi, Ankara, Türkiye

ORCID 0000-0002-5691-6507

✉ ahmetanil.mungen@ostimteknik.edu.tr

Doç. Dr. Abdülkadir Özdemir

Hitit Üniversitesi, Çorum, Türkiye

ORCID 0000-0002-3337-4274

✉ docdrozdemir@gmail.com

Dr. Öğr. Üyesi Cansu Körkem- Akçay

Ankara Sosyal Bilimler Üniversitesi, Ankara, Türkiye

ORCID 0000-0002-6138-8059

✉ cansu.korkemakcay@asbu.edu.tr

Language Editors / Dil Editörleri

ENGLISH

İngilizce

Öğr. Gör. Dr. Mehmet Kaygusuz

Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye

ORCID 0000-0001-5125-7461

✉ kmehmet@atauni.edu.tr

Editorial Board / Yayın Kurulu

Prof. Dr. Tolga Akalın

Giresun Üniversitesi Görele GSF, Türkiye

✉ tolga.akalin@giresun.edu.tr

ORCID 0000-0002-0313-9847

Prof. Dr. Ahmad Rafiq

Sunan Kalijaga State University of Islamic Studies,
Indonesia

✉ ahmad.rafiq@uin-suka.ac.id

ORCID 0000-0001-9353-3380

Prof. Dr. Ahmet Yıldırım

Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Türkiye

✉ ayildirim2000@hotmail.com

ORCID 0000-0002-7297-3325

Prof. Dr. Aimen Anuarbek

Dulati Taraz Devlet Üniversitesi, Kazakistan

✉ aimen.tarsu.kz@bk.ru

ORCID 0000-0001-9531-5432

Prof. Dr. Aktam Burhanov

Taşkent Devlet İktisat Üniversitesi, Uzbekistan

✉ aktam.burhanov@ferpi.uz

ORCID 0000-0003-0108-8852

Doç. Dr. Sibel ÜST ERDEM

Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Türkiye

✉ sibelusterdem@aybu.edu.tr

ORCID 0000-0003-2935-3574

Dr. Begül Ariöz

Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Türkiye

✉ beglzkoca@gmail.com

ORCID 0000-0003-1614-2305

Prof. Dr. Avdresh Jha

Hindistan Girişimciliği Geliştirme Enstitüsü, India

✉ jhaavdresh@yahoo.co.in

ORCID 0000-0002-8362-848X

Doç. Dr. Aşşe Azamet

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Türkiye

✉ aazamet@cumhuriyet.edu.tr

ORCID 0000-0001-6289-6904

Prof. Dr. Caner Kerimoğlu*Dokuz Eylül Üniversitesi, Türkiye*

✉ caner.kerimoglu@deu.edu.tr

ORCID 0000-0002-8514-8578

Prof. Dr. Damira Japarova*Kırgızistan-Türkiye Manas Üniversitesi, Kyrgyzstan*

✉ damira.japarova@manas.edu.kg

ORCID 0000-0001-7057-012X

Dr. Derya Aysun Cancan*Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Eğitim Fak., Türkiye*

✉ deryacan@cumhuriyet.edu.tr

ORCID 0000-0003-3215-5130

Prof. Dr. Dilruba Quvvatova*Buhara Devlet Üniversitesi, Uzbekistan*

✉ dilrabo68@mail.ru

ORCID 0000-0001-9693-4016

Doç. Dr. Elmira Faizova*Dulati Taraz Devlet Üniversitesi, Kazakistan*

✉ elmaal2001@yahoo.com

ORCID 0000-0003-1056-9754

Prof. Dr. Evangelia Şarlak*Işık Üniversitesi, Türkiye*

✉ eva.sarlak@isikun.edu.tr

ORCID 0000-0003-0488-2648

Prof. Dr. Fatma Sabiha Kutlar Oğuz*Hacettepe Üniversitesi, Türkiye*

✉ fkutlar@hacettepe.edu.tr

ORCID 0000-0002-1698-9461

Prof. Dr. Felix Körner*Pontificia Università Gregoriana, Italy*

✉ felix.koerner@hu-berlin.de

ORCID 0000-0003-1618-7968

Prof. Dr. Frank Griffel*Yale University, USA*

✉ frank.griffel@yale.edu

ORCID 0000-0003-0905-4374

Prof. Dr. Funda Toprak*Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Türkiye*

✉ fundatoprak@aybu.edu.tr

ORCID 0000-0001-8036-8515

Prof. Dr. Halil İbrahim Yalın*Uluslararası Kıbrıs Üniversitesi, KKTC*

✉ hyalin@ciu.edu.tr

ORCID 0000-0002-6355-7661

Doç. Dr. Leyla Önen*Giresun Üniversitesi Görele GSF, Türkiye*

✉ leyla.onen@giresun.edu.tr

ORCID 0000-0002-3115-6943

Doç. Dr. Ramil Mammadov*Azerbaycan Devlet Güzel Sanatlar Akademisi, Azerbaycan***Prof. Dr. Merve Güven Özkerim***Giresun Üniversitesi Görele GSF, Türkiye*

✉ merve.guven@giresun.edu.tr

ORCID 0000-0002-2817-6214

Prof. Dr. Mitat Durmuş*Kafkas Üniversitesi, Türkiye*

✉ mithat.durmus@gmail.com

ORCID 0000-0002-8409-5187

Dr. Mustafa Günay*İstanbul Gelişim Üniversitesi, Türkiye*

✉ mgunay@gelisim.edu.tr

ORCID 0000-0002-9286-6500

Prof. Dr. N. Malta Muhaxheri*Prishtina Devlet Üniversitesi, Kosovo*

✉ nuranmalta@live.com

ORCID 0000-0001-7147-2556

Doç. Dr. Nuri Sezer*İstanbul Gelişim Üniversitesi GSF, Türkiye*

✉ nsezer@gelisim.edu.tr

ORCID 0000-0002-3875-4284

Doç. Dr. Özlem Kum*Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Türkiye*

✉ ozlem.kum@gop.edu.tr

ORCID 0000-0002-6567-7974

Dr. Selim Ögüt*Bandırma Onyedli Eylül Üniversitesi, Türkiye*

✉ sogut@bandirma.edu.tr

ORCID 0000-0001-9126-6477

Dr. Semra Söngüt*Hitit Üniversitesi İskilip MYO, Türkiye*

✉ semrasongut@hitit.edu.tr

ORCID 0000-0003-1952-7980

Prof. Dr. Slavica Srbinoaska*Aziz Kiril ve Metodiy Üniversitesi, N. Macedonia*

✉ srbinoaskas@gmail.com

ORCID 0000-0002-3848-0842

Doç. Dr. Bextiyar Yusufov*Azerbaycan Devlet Güzel Sanatlar Akademisi, Azerbaycan***Prof. Dr. Yuu Kuribayashi***Okayama University, Japan*

✉ kuri@okayama-u.ac.jp

ORCID 0009-0006-1209-3154

Prof. Dr. Zeki Salih Zengin*Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Türkiye*

✉ zekisalih55@gmail.com

ORCID 0000-0003-2354-8899

Board of Advisory / Danışma Kurulu**Prof. Dr. Adem Ölmöz***İstanbul Medeniyet Üniversitesi, Türkiye*

✉ ademolmez@yahoo.com

ORCID 0000-0003-3157-1132

Prof. Dr. Adem Tutar*Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Türkiye*

✉ ademtutar@osmaniye.edu.tr

ORCID 0000-0002-1869-8924

Prof. Dr. Ahmet Buran*Fırat Üniversitesi, Türkiye*

✉ aburan@firat.edu.tr

ORCID 0000-0002-8430-1008

Prof. Dr. Asım Yediyıldız*Bursa Uludağ Üniversitesi, Türkiye*

✉ yediyildiz@uludag.edu.tr

ORCID 0000-0002-9274-9099

Prof. Dr. Ayşe Canan Çetinkanat*Lefke Avrupa Üniversitesi, Northern Cyprus*

✉ cteninkanat@eul.edu

ORCID 0000-0001-6028-6790

Prof. Dr. Ayşe Çaylak Türker*Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Türkiye*

✉ ayseturker@comu.edu.tr

ORCID 0000-0002-8030-2273

Prof. Dr. Ayşe Mentiş Taş*Necmettin Erbakan Üniversitesi, Türkiye*

✉ atas@erbakan.edu.tr

ORCID 0000-0002-1175-812X

Prof. Dr. Burak Gümüş*Trakya Üniversitesi, Türkiye*

✉ burakgumus@trakya.edu.tr

ORCID 0000-0003-2514-4820

Prof. Dr. Celalettin Serinkan*Pamukkale Üniversitesi, Türkiye*

✉ cserinkan@pau.edu.tr

ORCID 0000-0001-8056-2596

Prof. Dr. Cemal Güven*Necmettin Erbakan Üniversitesi, Türkiye*

✉ cemalguyen@gmail.com

ORCID 0000-0001-5649-1273

Prof. Dr. Damira Japarova*Marmara Üniversitesi, Türkiye*

✉ asuman.akay@marmara.edu.tr

ORCID 0000-0001-7057-012X

Prof. Dr. Yakup Civelek*Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, Türkiye*

✉ yakup.civelek@gmail.com

ORCID 0000-0002-3448-4723

Table of Contents / İçindekiler

01	Artificial Intelligence: On Language Education, Linguistic Inequality, and Linguistic Justice <i>Yapay Zekâ: Dil Eğitimi, Dilsel Eşitsizlik ve Dilsel Adalet Üzerine</i> Mehmet Dursun Erdem · Deniz Demiryakan	Sayfa 1
02	From Tradition to Dataset: Digital Archiving of Traditional Artistic Heritage and the Ethical and Epistemological Consequences of Its Use as Training Data for Artificial Intelligence <i>Gelenekten Veri Setine: Geleneksel Sanat Mirasının Dijital Arşivlenmesi ve Yapay Zeka için Eğitim Verisi Olarak Kullanımının Etik ve Epistemolojik Sonuçları</i> Sema Civelek	Sayfa 26
03	The Role of the Aesthetic Value Function in Evolutionary Art Generation <i>Estetik Değer Fonksiyonunun Evrimsel Sanat Üretimindeki Rolü</i> Mustafa Günay	Sayfa 44
04	AI-Supported Image Education in Drawing: Adaptive Learning Environments - Personalized Systems Modeling Student Style Development and Generating Feedback <i>Yapay Zeka Destekli Resim Eğitiminde Adaptif Öğrenme Ortamları: Öğrenci Stil Gelişimini Modelleyen ve Geri Bildirim Üreten Kişiselleştirilmiş Sistemler</i> Leyla Önen	Sayfa 68
05	Ontological and Ethical Boundaries in AI-Based Image Restoration <i>Yapay Zeka Tabanlı Resim Restorasyonunda Ontolojik ve Etik Sınırlar</i> Abdülkadir Özdemir	Sayfa 82

Mehmet Dursun Erdem

0000-0001-5731-2484

Deniz Demiryakan

0000-0002-3565-3314

Artificial Intelligence: On Language Education, Linguistic Inequality, and Linguistic Justice

Abstract

This article examines the transformation brought about by artificial intelligence in applied linguistics and language education in its social, pedagogical, and linguistic dimensions. The central concern is not how advanced these technologies have become, but which languages are brought to the fore in language education, which speakers are placed at the center, which forms of knowledge are recognized as legitimate, and for whom learning opportunities are expanded. On the one hand, artificial intelligence offers important possibilities by increasing learners' participation in class, providing individualized support, accelerating feedback processes, and opening new pathways for learning, especially for refugees, displaced communities, Indigenous peoples, and students marginalized in linguistic terms. Recent research on Google Translate and generative AI tools shows that these systems can support language learning, expand possibilities for expression, strengthen self-confidence, and foster social participation. On the other hand, the same field also creates conditions for the reproduction of dominant languages, standardized views of language, and centralized cultural assumptions. The marginalization of local languages, dialects, accents, and alternative forms of knowledge stands among the most significant risks of AI-supported language education. In this context, Birhane's concept of "algorithmic colonialism" and Meighan's notion of "coloniallingualism" provide an important conceptual basis for explaining the centers from which linguistic legitimacy, educational acceptance, and the value of knowledge are defined. The article emphasizes that a more just AI order requires ethical design, collaborative production, cultural representation, equality of access, and careful attention to linguistic diversity. It therefore positions artificial intelligence not simply as a technical innovation, but as a field of power that shapes the direction, scope, and sense of justice within language education.

Keywords: artificial intelligence, applied linguistics, language education, linguistic justice, algorithmic colonialism

Cite as/ Atıf: Erdem, M. D. & Demiryakan, D. (2025). Artificial Intelligence: On Language Education, Linguistic Inequality, and Linguistic Justice. *AIS3*, 1(1).

Received/Geliş: 12.09.2025

Accepted/Kabul: 17.11.2025

Published/Yayın: 25.12.2025

Checked by plagiarism software



1. Introduction

Artificial intelligence has increasingly become a significant area of discussion in applied linguistics in recent years. This is not solely due to the widespread adoption of new digital tools. At the core of the discussion lie questions regarding how language should be taught, which forms of knowledge are considered valuable, which learners are prioritized, and how inequalities are restructured. The emerging literature on artificial intelligence also appears poised to make these questions increasingly visible. Discussions surrounding the production of instructional materials, feedback processes, personalized learning systems, and the assessment tools used to measure all of these are opening up a broader field of inquiry for applied linguistics. The key determinants here are: which forms of language use AI highlights, which forms of knowledge it grants greater acceptance, for whom it creates additional opportunities in the learning process, and which historical inequalities it can reinforce within new technical structures. For this reason, artificial intelligence cannot be evaluated solely under the heading of technical innovation from the perspective of applied linguistics; it must be addressed within the contexts of linguistic inclusivity, agency, cultural recognition, representation, equality, and linguistic justice. A point that must be particularly emphasized here is that artificial intelligence cannot be viewed as an external, auxiliary element added to this field of study. The deeper process at work involves the reconfiguration of the ground on which it is determined which languages, which speakers, which forms of knowledge, and which learning experiences are deemed legitimate.

One of the key points of this study is that discussions regarding artificial intelligence in applied linguistics are often confined to two narrow interpretive frameworks: On one hand, there is an approach that highlights artificial intelligence as a tool that facilitates educational processes, increases efficiency, and opens up new possibilities. On the other hand, there are assessments that strongly perceive the risks but often leave them within the language of general anxiety. What is needed from the perspective of applied linguistics is a more careful and constructive conceptualization that goes beyond these two orientations. What matters here is not whether artificial intelligence is useful or not. What is decisive is the historical context in which this technology has gained power, the kinds of openings it creates in language education, the ways in which it transforms or reproduces inequalities, and the ethical and structural responsibilities it entails for a more just future. This study comes into play precisely at this point. It neither frames artificial intelligence within a one-dimensional narrative of opportunity nor evaluates it solely through the lens of threat. Instead, it examines the multi-layered impact of artificial intelligence in applied linguistics—which can simultaneously open up inclusive possibilities and produce exclusionary outcomes—by addressing its historical, pedagogical, linguistic, and political dimensions.

Artificial intelligence is gaining an increasingly prominent place in the field of language education. This prominence is often evaluated in terms of technical skills, speed, efficiency, or personalized learning. However, the core issue lies not so much in how advanced these technologies have become, but rather in how they influence the structure of language education—specifically, which forms of knowledge are deemed valid, which languages are prioritized, and how learning opportunities are distributed among different groups. The significance of artificial intelligence in applied linguistics must therefore be sought beyond its technical capabilities. What is decisive here is not merely what tools AI adds to language education, but in what ways it transforms educational legitimacy criteria, learning processes, and linguistic hierarchies. This discussion cannot be sustained by treating artificial intelligence as a timeless, spontaneously emerging innovation. Humanity's methods of recording,

replicating, transmitting, and circulating knowledge have been reconfigured over a long history using various technical tools. Artificial intelligence must also be considered within this ongoing trajectory of transformation. Once such a historical foundation is established, current debates gain a clearer framework. Changes in learning environments, the forms of knowledge circulation, the redistribution of teaching authority, and the learner's role within education become more comprehensible within this framework. From this perspective, artificial intelligence also holds significant potential for second-language education. It can open up more inclusive learning pathways, particularly for communities that are excluded from educational processes, lack adequate support, or face linguistic pressures. Applications that increase the learner's participation in the lesson, provide space for them to direct their own learning, and make their linguistic knowledge visible are among these opportunities. This area becomes even more significant when it comes to refugees, displaced communities, indigenous peoples, and students who are linguistically marginalized. Artificial intelligence holds the potential to establish supportive, accessible, and empowering learning processes for these groups. However, this same field also carries significant risks. These risks include the centralization of dominant languages, the marginalization of local languages, the erosion of cultural patterns, the reinforcement of a standardized understanding of language, and the deepening of inequalities in knowledge production. Due to their data-driven operational models, artificial intelligence systems can easily reproduce the linguistic and cultural frameworks that feed them. Consequently, inequalities in language education—which are actually the result of specific institutional and design choices—may be accepted as if they were the system's natural functioning. The real issue here is not to present artificial intelligence as a new, useful tool in education. The real issue is to reveal which structures these technologies reinforce in language education, which languages they prioritize, for whom they create more space, and whom they leave behind. Therefore, the question of what criteria language education is built upon and whose interests these criteria serve must also be considered alongside artificial intelligence. A more equitable AI system does not emerge on its own. In this field, ethical design, access opportunities, collaborative production, cultural representation, and linguistic diversity are key determinants. This is where the crucial point from the perspective of applied linguistics comes into play. When the debate on artificial intelligence is limited to criteria of success, speed, and efficiency, the social and political dimensions of language education are sidelined. Yet every decision made in this field is directly related to which languages are valued, which speakers are deemed legitimate, and which learning methods are supported. This study examines the implications of artificial intelligence in the field of education within this broader framework.

The study proceeds through four sections. The first section addresses the technological transformation of learning environments. Thus, artificial intelligence is evaluated within a broader context of historical continuity. The second section focuses on the relationship between artificial intelligence and linguistic inclusion. This section examines the learner's role within education, personalized support models, and the opportunities emerging for at-risk communities. The third chapter discusses the re-colonizing effects of artificial intelligence. The focus of this chapter is on linguistic dominance structures, cultural erasure, standardization, and the role of algorithmic processes in these dynamics. The final chapter addresses the relationship between linguistic justice and the future of artificial intelligence. Here, the conditions under which more inclusive, accessible, culturally sensitive, and more representative artificial intelligence systems can be established are discussed. This framework extends the artificial intelligence discourse beyond the boundaries of technology, pedagogical practice, and ethical concerns. Once it becomes clear how learning environments have evolved over time through various tools, how knowledge circulates within specific material and institutional structures,

and what role artificial intelligence plays in this process, the issues of inclusivity, linguistic dominance, and justice discussed in subsequent sections are grounded on a more solid foundation. For this reason, it is appropriate to begin the discussion with the technological transformation of learning environments.

2. The Evolution of Learning Tools

To accurately assess the current role of artificial intelligence in education, it would be insufficient to treat it as an innovation that emerged spontaneously, disconnected from history. A more accurate approach is to view artificial intelligence as the current stage in humanity's long-standing process of continuously transforming learning environments through technical tools. From ancient times to the present, human communities have established the concrete foundation upon which learning rests using the various tools at their disposal. In ancient times, knowledge was inscribed on rock surfaces, stones, and clay tablets; through these actions, it was recorded, preserved, and transmitted by being shared with other contemporary communities and subsequent generations. In this sense, these primitive tools should be viewed as early technological means that enabled the transfer of knowledge beyond the limits of human memory. The significant innovation here, of course, lies not merely in the practical ease of using these tools, but in the fact that knowledge became preservable and transmissible. In other words, knowledge gained the opportunity to exist for the first time on a permanent recording medium.

The historical process we are discussing entered a new phase with the use of paper beginning in the 2nd century BCE. Paper expanded the boundaries of access to information by making information sharing more accessible. With the printing revolution around 700 CE in China and after 1440 in Europe, these boundaries of access not only expanded further but also became institutionalized. The fact that the printing press fundamentally transformed the speed of information reproduction, its transmission, and the way it spreads throughout society is one of the most significant outcomes of this revolution. With the widespread availability of books, newspapers, and other printed materials, the environments for knowledge sharing and learning have undergone a profound transformation. This change has also brought the questions of what education is, what purpose it serves, and what new options are available for delivering it to the forefront. The space opened up by the printing press has liberated people from a learning system limited to oral transmission and narrow information circles accessible only through handwritten texts, creating much more powerful learning options.

Considering all that has been discussed so far, it would not be incorrect to arrive at the following conclusion: Educational and learning contexts have always been intertwined with these tools. Indeed, the learning environment has been structured from the very beginning alongside the tools mentioned above. Therefore, viewing artificial intelligence as an externally added patch would lead to a perceptual illusion. It is crucial to consider the structural causality of artificial intelligence within the historical continuity of processes involving the recording, replication, processing, and validation of knowledge at the individual and community levels. Following the printing press, the Industrial Revolution carried this transformation to a different plane. Learning environments have acquired a visible, organized, and interactive quality. While this quality was intended to cultivate individuals who would become the cogs in "production lines"—and may have shifted toward a purely pragmatic (perhaps misinterpreted) tendency driven by a capitalist mindset—it nevertheless enabled learning environments to access a certain managerial and scientific infrastructure. Subsequently, with the rise of computers and the internet's rapid transformation into a global communication and information infrastructure, the

Digital Age began. A defining feature of this era is the significant reduction in the spatial constraints of information. The Digital Age has weakened the restrictive impact of geographical distance between nation-states on access to information; it has made information and its circulation readily available, fast, and easily accessible (Dovchin & Oliver, 2021). Thus, the act of learning has moved away from the shadow of specific institutions and authorities, becoming a more individual and public endeavor. This transformation has been amplified by mobile technologies and has positioned itself as a candidate for generating richer solutions for the user. For example, smartphones and tablets have made the learning environment portable and adaptable to the user. More importantly, by enabling experiences that can be conceived as a fusion of time and space, they have facilitated access to information clusters that can be reached with a single touch at any moment and almost anywhere. In other words, learning has evolved from being an activity confined solely to the classroom, library, or specific time frames into an experience that permeates daily life, shifts alongside the dynamic subject, and gains continuity. When viewed from this perspective, another striking aspect of the evolution of educational technologies is this: Every new development does not merely facilitate access to educational environments. It also redefines who produces knowledge, who validates it, and who is considered a learner or an educator. For this reason, the transformation in technology and the shift in power dynamics cannot be considered separately. Every threshold in the history of education reconfigures power relations alongside knowledge.

Artificial intelligence, one of the most significant of these turning points, has reached a more complex phase through the re-examination of all these intertwined structures and centuries-old habits. The learning environment and human education are now being transformed by artificial intelligence as well. Artificial intelligence refers to machine-based systems capable of generating predictions, offering suggestions, or developing solutions in accordance with goals defined by humans (Zhao & Gómez Fariñas, 2023). The transformative potential of AI-supported language learning environments is particularly vast. These systems accelerate access to language learning opportunities and make this field more accessible for diverse user groups. Moreover, their impact is not limited to ease of access. They also profoundly influence the structure, functioning, pedagogical understanding, and institutional framework of language learning (Pack & Maloney, 2024). Therefore, what is at stake here is not merely an auxiliary convenience added to the existing educational system, but a more fundamental transformation that is beginning to reshape the direction and functioning of the field.

The effects of artificial intelligence on language education are not uniform. The same technical infrastructure can yield different results depending on the social and institutional conditions in which it is used. In some cases, it challenges established assumptions and entrenched practices in language education; in others, it perpetuates historical inequalities through new tools. For this reason, artificial intelligence is an area that requires careful examination from the perspective of applied linguistics. The fundamental responsibility of researchers and educators is neither to attribute unconditional value to artificial intelligence nor to reject it outright. The essential need is to develop a critical approach that continuously questions which communities these technologies create new learning opportunities for, which inequalities they reproduce, and how they influence power dynamics within language education. Without such an approach, the discourse of innovation can become a new tool for legitimizing existing inequalities. The primary responsibility in the face of this technological transformation is to make learning more inclusive, equitable, and effective for everyone. Researchers and educators in the field of applied linguistics must keep alive questions focused on concepts and issues such as equity, the vast disparities in digital literacy levels, and the ethical use of artificial intelligence. However,

such an approach takes the discussion we have mentioned beyond technical capacity or educational efficiency; it establishes a broader framework for evaluation that also accounts for ethical, political, and epistemological consequences. Because every decision regarding artificial intelligence also influences how language education will be shaped by which understanding of justice, which access framework, and what conception of humanity.

3. Artificial Intelligence and Linguistic Equality

One of the significant potentials of artificial intelligence is its ability to open up a space capable of challenging entrenched linguistic hierarchies in language education. Artificial intelligence offers a crucial opportunity to question the linguistic inequalities that have long persisted in the field of language education. In this field, where certain languages, speech patterns, and learning practices are deemed more prestigious, many students find themselves excluded from the educational process due to their own linguistic background. Artificial intelligence can contribute to rethinking this established structure. It can shift the learning process away from a structure reliant on a single source and authority toward a relational framework where the student plays a more active role. This situation is particularly significant for second-language learners. This is because the challenges these students face often extend beyond academic difficulties to include migration, exclusion, insecurity, and everyday problems. Under such conditions, artificial intelligence can provide a learning support system that is constantly accessible and capable of generating immediate responses. It gives students the opportunity to practice, ask for explanations, construct sentences, improve their writing, and experiment with different ways of expressing themselves. This contribution does not establish a system that replaces the teacher, as some claim; rather, it expands the scope of interaction within the learning process. Thus, the student moves away from the role of a passive recipient of ready-made knowledge and becomes a more active agent who asks questions, experiments, makes decisions, and directs the learning process. In addition to all this, the contributions offered by artificial intelligence do not end here. These systems can help identify areas where students are struggling earlier, pinpoint students who need more support, and intervene at the appropriate time (Huang et al., 2023). Functions such as preparing texts appropriate to the student's level, creating exercises, developing discussion questions, providing writing samples, generating assessment criteria, and clarifying the student's prompts can also be considered within this scope (Pack & Maloney, 2023). There is also a significant contribution in terms of writing instruction. Students can learn to write effective prompts for artificial intelligence, engage in writing tasks within a specific role, refine their text within a conversational flow, and experiment with different writing styles (Inglely & Pack, 2023). The key point here is the shift in the student's position within the learning process. Students can transition from being passive recipients of information to active agents who work with information, experiment, learn from mistakes, and direct their own learning. This shift is particularly noteworthy in second language education. This is because, for a long time, teachers have largely determined the direction, content, and valid forms of knowledge in the classroom. Artificial intelligence, however, enables students to play a more active role in this process. In particular, AI tools that are publicly accessible and used in light of pedagogical research can create new learning opportunities for students in vulnerable circumstances; in this regard, they can contribute to a more equitable educational environment (Huang et al., 2023).

This opportunity offered by artificial intelligence is being utilized more effectively by groups that have been marginalized for various reasons. Refugees and groups displaced by war and conflict are among the most prominent examples. Bogachenko and colleagues' (2024) study demonstrates that Ukrainians who settled in Australia following the Russia-Ukraine war

derived significant benefits from using Google Translate. These benefits extend beyond the ease of daily communication. The research reveals that these individuals have become more conscious of language in their English learning process and have developed their skills in using digital tools (Bogachenko et al., 2024). Google Translate has facilitated communication, alleviated language-related challenges, supported the adaptation process to a new environment, and strengthened a sense of belonging. A similar situation is observed in Hong Kong. Cheung and Shi's (2024) study demonstrates that refugee children in Hong Kong and the students guiding them have achieved significant gains in their English learning process through AI-supported activities. These children utilized AI in digital storytelling activities to produce English texts, refine their narratives, and find opportunities to express themselves more comfortably. This process supported their creativity, expanded their expressive capabilities, and contributed to their ability to connect with diverse communities (Cheung & Shi, 2024). What is noteworthy here is that artificial intelligence does not merely provide technical assistance. These tools help children living in vulnerable circumstances to tell their own stories, build connections with others, develop self-confidence, and gain social visibility. Therefore, language education cannot be approached solely through the lens of traditional success metrics; dimensions such as participation, visibility, and social inclusion must also be considered.

As the impact of artificial intelligence technologies in the field of education grows, new opportunities for language learners—particularly those from individuals and groups who have been socially marginalized for various reasons—are becoming more apparent. As research in this area increases, the studies discussed here will contribute to the development of tools that are more inclusive, culturally sensitive, and better attuned to diverse linguistic needs. This body of knowledge can also provide a solid foundation for educational applications developed for refugee communities and displaced groups. In particular, these studies can serve as a guide in reducing inequalities regarding access to technology, language learning opportunities, and appropriate educational support. When this discussion is considered within a broader framework, it becomes clear that similar opportunities could yield meaningful results for indigenous communities as well. Here, inclusivity is not merely a matter of reaching more people. What is essential is that historically marginalized communities can assert their presence in their own languages, exercise their right to learn, and participate in knowledge production under fairer conditions. The value of artificial intelligence in the field of education also emerges here. The central question is: for whom, for which languages, and under what learning conditions do these technologies contribute to creating a more equitable educational environment?

4. Linguistic Hegemony in the Context of Artificial Intelligence

Artificial intelligence offers tools that expand access, accelerate feedback, and tailor the learning process to the user in the field of language education. However, it is not always clear on which understanding of language, which cultural norms, and what educational standards these tools are based. The problem begins precisely here. Because these systems are often developed using examples of dominant languages, central cultural norms, and widespread educational practices. When such a foundation is established, the language use and learning experiences of communities that are not in a strong position in terms of certain qualitative and quantitative factors can be pushed to the background. To describe this situation, the concept of “algorithmic colonialism” proposed by Birhane (2020) can be combined with Meighan's (2022, 2024) “coloniallingualism” approach to form the concept of “algorithmic colonial linguistics.” However, the core issue here is not merely the emergence of individual incorrect results. Beyond this lies the tendency for the language deemed valid, the knowledge valued, and the

accepted forms of learning to be determined by a narrow center. This is precisely what necessitates this concept. Because this structure enables the continuation of old power dynamics through new tools in AI-supported language education.

Colonialism, in its simplest sense, is one community establishing dominance over another and maintaining that dominance in accordance with its own interests. The concept of “algorithmic colonialism” used by Birhane (2020, p. 389) points to the manifestation of this entrenched mode of understanding in the age of artificial intelligence. Here, dominance refers not merely to a situation achieved through direct military or administrative means, but to conditions established through data-processing systems, ranking logics, and AI-based solutions. Systems developed elsewhere and exported are implemented without accounting for the needs, lifestyles, and priorities of the communities that import them. Thus, solutions presented in the name of progress may push local knowledge and local educational understandings into the background. The concept of “colonial linguistics” used by Meighan (2022, 2024), meanwhile, draws attention to how knowledge frameworks and languages inherited from the colonial era—particularly English—maintain their dominant position in education and language policies. This situation, which we conceptualize as “algorithm-mediated linguistic colonization,” refers to the convergence of these two processes. On one hand, there are artificial intelligence systems established from the outside and whose operations are determined from the outside. Artificial intelligence systems often rely on English, Western-established conceptions of knowledge, and the criteria that determine what is considered correct, sufficient, or successful in education within the context of Western understanding. Thus, artificial intelligence also influences which language is deemed valid, which knowledge is considered valuable, and which learning methods are deemed acceptable. The true significance of the concept lies here. The issue here is far more comprehensive than simply granting priority—or, in other words, superiority—to certain languages. What is decisive is the center from which linguistic validity, the value of knowledge, and educational acceptance are defined. When Birhane’s concept of “algorithmic colonialism” is considered alongside Meighan’s concept of “colonialinguism,” the conceptual framework we call “algorithm-mediated linguistic colonization” points precisely to this power of definition. AI-powered systems also influence which language is deemed valid, which knowledge is considered valuable, and which forms of learning are deemed acceptable. The explanatory power of the concept lies here. Because power dynamics are perpetuated through linguistic priorities, evaluation criteria, and data-driven systems.

Algorithm-mediated linguistic colonization is far from being an abstract possibility. This trend is clearly visible in concrete examples. It is particularly evident in the resurgence of European-centric and English-based language norms. Carbajal-Carrera’s (2024) concept of “AIsplaining,” proposed in the vein of “mansplaining,” demonstrates that the responses provided by generative AI are not always a neutral transfer of information. In some cases, the system presents social and cultural norms—which are already in a privileged position—as if they were the only valid form of explanation. The prominence of Eurocentric interpretations and a male-dominated perspective makes this issue even more visible. The concept of “AIsplaining” specifically names this very mechanism. While AI circulates dominant norms, it can overshadow other life experiences, forms of knowledge, and interpretive possibilities. Historical colonialism imposed its own cultural standards on other communities. Here, a similar tendency operates—this time through the responses provided by AI systems.

Texts generated by artificial intelligence may appear, at first glance, to be coherent, robust, and persuasive. However, this appearance often relies on examples that fail to adequately capture local experience, local knowledge, and cultural nuances. As Stewart and Zheng (2024) note,

such texts highlight an approach that treats Western cultural superiority and native-speaker status as the standard (native-speakerism) while failing to adequately reflect the knowledge systems of local cultures. As a result, a writing pattern that produces colonizing effects in the field of language education reemerges. The key point to note here is that this cultural omission circulates unnoticed within a formally correct, reliable, and measured writing style. The same issue is evident in how artificial intelligence systems approach languages. The majority of these systems are developed based on globally prominent languages such as English. The result is clear: minority languages and languages with insufficient documentation are pushed even further into the background. Moreover, the problem does not end with the ranking of languages. Even the most standardized forms of the languages at the center are prioritized; the dialectal and regional variations of the same language are pushed to the background. Vietnamese and Mandarin are illustrative examples in this regard. The fact that ChatGPT remains limited in its ability to recognize and generate dialect-specific content when faced with predefined questions regarding the northern, southern, and central dialects of Vietnamese, as well as Standard Mandarin, Taiwanese Mandarin, and Singaporean Mandarin, clearly demonstrates how artificial intelligence can reproduce linguistic hierarchies (Tran & Stell, 2024). This shortcoming cannot be viewed as a mere performance issue. This is because decisions regarding which language forms are deemed recognizable, producible, and suitable for circulation in educational settings are directly tied to linguistic value hierarchies. When a system fails to recognize or produce a dialect, it does not merely function as a flawed tool; it also undermines that dialect's public and educational legitimacy.

Such AI-powered applications carry the risk of devaluing linguistic and cultural diversity. As a result, learners and language users from linguistic and cultural backgrounds that are not prioritized may feel excluded (Tankosic et al., 2024). Content generated by artificial intelligence may direct a deficit-focused perspective toward individuals who are learning English as a second language. Consequently, colonialist assumptions regarding what constitutes linguistic competence and incompetence may be further reinforced. The spaces Tankosic and colleagues (2024) refer to as “spaces of erasure” also emerge under these conditions. In these spaces, native language proficiency is desired and valued, while the lack of native language proficiency and accented speech are coded as deficiencies, inappropriateness, or inadequacy (Tankosic et al., 2024). When artificial intelligence systems are used in this manner, linguistic hierarchies are reestablished, Western-derived standards are prioritized, and minority dialects, accents, and linguistic patterns become even more invisible. The issue here is not merely that certain varieties are pushed to the background. The core issue is that the decision regarding which speech forms are deemed correct, valid, teachable, or sufficient is being redefined through artificial intelligence systems. The suppression of linguistic diversity cannot therefore be viewed as a mere educational detail. Such suppression directly generates epistemic power because it redefines the hierarchy of values within knowledge systems. Labeling an accent, a dialect, or a speech pattern as a deficiency devalues the way of life embodied by that language.

When all these factors are considered together, the necessity of taking algorithmic linguistic colonization seriously in the field of second and/or foreign language education becomes evident once again. From the perspective of applied linguistics, what is required here is to remain constantly vigilant and adopt a neutral, critical approach to all these situations. Because as artificial intelligence systems begin to be used in education, if cultural, linguistic, and socio-economic diversity is not taken into account, old colonialist habits can be reestablished through new tools. Therefore, the primary responsibility lies in asking—before succumbing to the allure of the idea of a technological solution—which groups these systems prioritize, which they

marginalize, and whose learning opportunities they restrict. This is what matters most. Neither completely rejecting artificial intelligence nor unconditionally embracing it is an adequate stance. The real need is to develop a political and pedagogical evaluation that continuously questions what kind of outcomes specific artificial intelligence systems produce for specific communities. However, such an evaluation can expose the re-colonizing effects hidden within the discourse of technological innovation.

5. Linguistic Justice and the Future of Artificial Intelligence

The path ahead necessitates a collective commitment to the ethical design and implementation of artificial intelligence. Policymakers, educators, researchers, and technology developers must act in concert; for ensuring that AI systems genuinely prioritize linguistic and cultural diversity is not a result that will occur spontaneously. This shared responsibility also involves ensuring that the ways learners construct meaning by combining their diverse linguistic resources (translanguaging) secure a visible and influential role in AI design, particularly for minority languages. Simply including more languages in datasets does not, on its own, provide a sufficient approach. Developing AI tools that can genuinely incorporate diverse linguistic resources, ways of constructing meaning, and cultural patterns would be a more practical approach. This approach becomes even more important, particularly regarding language resources that are endangered or underrepresented. The goal in AI design is not to build systems that reproduce rigid language norms, but to develop structures that make space for non-standard language varieties and cross-linguistic meaning-making practices without marginalizing them (Dovchin et al., 2024). A fair AI future takes shape here. The key point is not only to increase data diversity but also to redefine the criteria that confer value on language. Incorporating a linguistic practice into the system is one level; having that practice recognized as valid, productive, and educationally sound constitutes another level. The transformative and qualifying impact emerges at this second level.

The situation highlighted by Birhane (2020: 389) regarding Africa clearly reveals the core of the debate: artificial intelligence systems developed in the West may fall short of addressing Africa's linguistic, educational, and social needs. The consequences of this are not limited to the use of imported AI tools and a heightened vulnerability to colonialism. It also means that the potential for the development of local digital tools, language technologies, and educational solutions tailored to regional needs is effectively stifled from the very outset. Consequently, countries, cultures, and communities become increasingly dependent on software, platforms, and data processing systems developed elsewhere. This problem is not limited to Africa. Studies on cross-linguistic understanding indicate a similar pattern emerges regarding indigenous and minority languages. AI systems developed externally may not adequately address these linguistic and social contexts. As previously noted, prioritizing English can further hinder the development of local languages and their subcategories. In such a situation, the problem cannot be explained simply by a system failing to fully align with a particular community; the decisive factor is where the linguistic future is being designed, which languages are deemed worthy of development, and which communities have their ability to produce their own tools restricted. Linguistic dependency and digital dependency intersect in a striking manner precisely at this point.

In addition to all this, access to artificial intelligence itself creates a distinct arena of inequality. Since the development and implementation of these technologies require high costs, the inequality in access to technology between wealthy countries and those with limited resources can deepen further. (Fang & Dovchin, 2024). Unless AI solutions are developed that are

inclusive, cost-effective, and tailored to local needs, the opportunities these technologies offer in language education may remain inaccessible even to the communities that could benefit most from them. AI systems used in language education often require substantial financial resources, advanced digital infrastructure, and intensive human labor. This situation can further widen the gap between educational institutions with strong financial and technical resources and those with limited resources, particularly in developing regions (Dovchin, 2017). The inequality observed here is not limited to issues of access to tools or software. Financial resources directly impact teaching opportunities and the extent to which students can exercise their right to learn. Therefore, access cannot be treated as a matter limited to reaching the internet or a device. The ability to access tools that take into account the student's native language, language learning needs, and mode of understanding is also a fundamental part of access. The ability to find a place within the educational process and to learn without becoming entirely dependent on externally established systems must also be considered within the same framework. To address these challenges, the data sources and datasets that feed artificial intelligence systems must be expanded to genuinely encompass cultural and linguistic diversity. This process extends beyond a technical update; it requires rethinking design philosophies, data collection methods, and decision-making processes. If design processes based on participatory and collaborative production are effectively established, this diversity can be reflected in AI systems in a stronger and more meaningful way. Therefore, it is of great importance for teachers, community leaders, and policymakers from diverse linguistic and cultural backgrounds to contribute directly to the design of AI-based solutions. Such initiatives can help curb colonialist tendencies and contribute to the establishment of culturally sensitive educational practices that respect linguistic diversity. In particular, when teachers critically assess how AI affects power dynamics within the classroom, they can more firmly advocate for practices that support and empower learners. AI tools can be used in ways that make students' linguistic diversity visible, assign value to it, and integrate it into the educational process. Such use contributes to the development of a culture that views linguistic difference as an educational opportunity within the classroom. From the perspective of applied linguistics, the task becomes clear here: to continuously question the social and political consequences of AI in language education. The real issue is to approach AI not merely as a tool that enhances efficiency in the classroom, but as a test that prompts us to consider under what conditions linguistic justice can be established. An AI tool serves a pedagogically constructive function when it makes a student's linguistic diversity visible and values it; when it silently reduces that diversity to a single type, however, it shifts toward an exclusionary function.

The future of AI in language education depends on the decisions made from here on out. The direction adopted by applied linguists, educators, researchers, policymakers, and technology developers will determine how this field takes shape. When an approach that centers equality, diversity, and linguistic justice is adopted at the intersection of artificial intelligence and applied linguistics, the transformative power of these technologies can be harnessed in a more constructive manner; it can also create a more protective foundation against the risks of re-colonization. Such an approach represents a significant step toward a more inclusive future where all languages—and consequently, all language learners—are recognized as equally valuable. The fundamental goal here is not limited to making artificial intelligence more useful; it also involves reestablishing the political and pedagogical foundation regarding which languages, which speakers, and which learning methods hold equal value. The motto “a linguistically just future” denotes a foundational orientation that demands the dismantling of linguistic hierarchies, the integration of technological design with social responsibility, and the

transformation of learning into a dignified opportunity for every community. The future of artificial intelligence can also be defended and given meaning within this orientation.

6. Conclusion

This study has evaluated the role of artificial intelligence in the fields of applied linguistics and language education by moving beyond the narrative of technical innovation and considering its social, linguistic, and pedagogical implications. Throughout the discussion, it has been demonstrated that artificial intelligence does not follow a unidirectional trajectory of development; rather, it can both open up inclusive possibilities and perpetuate historical inequalities through new tools in different contexts. Within this framework, the key findings can be summarized as follows:

- Artificial intelligence represents a current phase emerging within the historical transformation of learning environments. Therefore, viewing it as an independent tool added to the field of education at a later stage narrows the scope of the issue. Questions regarding how knowledge is produced, circulated, and legitimized lie at the center of the artificial intelligence debate.
- From the perspective of language education, artificial intelligence offers significant opportunities. Personalized support, rapid feedback, interactive engagement during writing processes, earlier identification of at-risk learners, and the strengthening of the learner's active role within the educational process are among the primary opportunities. These contributions become particularly evident for refugees, displaced communities, indigenous peoples, and students marginalized due to language barriers.
- Alongside these positive opportunities, there are also serious structural risks. AI systems are often developed based on dominant languages, standard linguistic norms, and central cultural assumptions. This leads to the marginalization of local languages, dialects, accents, and diverse forms of knowledge; it re-establishes linguistic hierarchies through new data regimes and evaluation criteria.
- “Algorithmic colonialism,” “colonial linguistics,” and the algorithm-mediated linguistic colonization approach discussed in this article clearly demonstrate that AI-supported language education is not merely a technical regulatory domain. The defining issue here is which center determines which language is valid, which knowledge is valuable, and which learning format is deemed acceptable.
- A more equitable future for artificial intelligence can be built on the foundations of ethical design, collaborative production, cultural representation, linguistic diversity, and equal access. The joint participation of teachers, researchers, policymakers, and technology developers in this process is of fundamental importance for the development of artificial intelligence systems along a more inclusive and sensitive trajectory.

Ultimately, the true significance of artificial intelligence from the perspective of applied linguistics does not lie in its ability to accelerate or simplify educational processes. Its true significance lies in its capacity to reshape the direction, criteria, power dynamics, and understanding of justice within language education. Therefore, the primary task moving forward is not merely to settle for using AI in education, but to rethink how we can use it to build a more equitable future for which languages, which communities, and which learning styles.



Research Article / Araştırma Makalesi

Yapay Zekâ: Dil Eğitimi, Dilsel Eşitsizlik ve Dilsel Adalet Üzerine

Öz

Bu çalışma, yapay zekânın uygulamalı dilbilim ve dil eğitimi alanında yarattığı dönüşümü toplumsal, pedagojik ve dilsel boyutlarıyla ele almaktadır. Tartışmanın odağında bu teknolojilerin ne kadar geliştiği sorusu değil dil eğitiminde hangi dillerin öne çıktığı, hangi konuların merkeze alındığı, hangi bilgi biçimlerinin geçerli sayıldığı ve öğrenme imkânlarının kimler için genişlediği sorusu yer almaktadır. Yapay zekâ; bir yandan öğrenenlerin derse katılımını artıran, kişiye uygun destek sunan, geri bildirim süreçlerini hızlandıran ve özellikle mülteciler, yerinden edilmiş topluluklar, yerli halklar ve dilsel bakımdan dışlanan öğrenciler için yeni öğrenme yolları açan önemli imkânlar sunmaktadır. *Google Translate* ve üretici yapay zekâ araçları üzerine yapılan güncel araştırmalar; bu sistemlerin dil öğrenimini desteklediğini, ifade alanını genişlettiğini, özgüveni güçlendirdiğini ve toplumsal katılımı artırdığını göstermektedir. Öte yandan aynı alan egemen dillerin, standart dil anlayışının ve merkezî kültürel kabullerin yeniden üretilmesine de zemin hazırlamaktadır. Yerel dillerin, lehçelerin, aksanların ve farklı bilgi biçimlerinin geri plana itilmesi; yapay zekâ destekli dil eğitiminin en önemli riskleri arasında yer almaktadır. Bu çerçevede Birhane'nin "algoritmik sömürgecilik" ve Meighan'ın "kolonyaldilsellik" kavramları, dilsel geçerliliğin, eğitsel kabulün ve bilgi değerinin hangi merkezden tanımlandığını açıklamak bakımından önemli bir kavramsal dayanak sunmaktadır. Çalışma daha adil bir yapay zekâ düzeni için etik tasarımın, ortak üretimin, kültürel temsilin, erişim eşitliğinin ve dilsel çeşitliliğin gözetilmesi gerektiğini vurgulamakta; yapay zekâyı teknik bir yenilikten çok, dil eğitiminin yönünü, kapsamını ve adalet anlayışını etkileyen bir güç alanı olarak konumlandırmaktadır.

Anahtar sözcükler: yapay zekâ, uygulamalı dilbilim, dil eğitimi, dilsel adalet, algoritmik sömürgecilik

1. Giriş

Yapay zekâ, son yıllarda uygulamalı dilbilimde giderek daha önemli bir tartışma alanı hâline gelmiştir. Bunun nedeni salt olarak yeni dijital araçların yaygınlaşması değildir. Tartışmanın temelinde; dilin nasıl öğretileceğine, hangi bilgi biçimlerinin değerli sayılacağına, hangi öğrenenlerin merkeze alınacağına ve eşitsizliklerin nasıl yeniden yapılandırılacağına ilişkin sorular bulunmaktadır. Yapay zekâ üzerine gelişen literatür de bu soruları giderek daha görünür kılmaya aday görünmektedir. Öğretim araç-gereçlerinin üretimi, geri bildirim süreçleri, kişiye göre yapılandırılan öğrenme düzenekleri ve tüm bunları ölçümleyecek değerlendirme araçları etrafında süren tartışmalar, uygulamalı dilbilim için daha geniş bir düşünme alanı açmaktadır. Burada asıl belirleyici olan; yapay zekânın hangi dil kullanım biçimlerini öne çıkardığı, hangi bilgi biçimlerine daha fazla alan kabulü kazandırdığı, kimler için öğrenme sürecinde ek olanaklar ürettiği ve hangi tarihsel eşitsizlikleri yeni teknik yapılar içinde yeniden güçlendirebildiğidir. Bu nedenle yapay zekâ, uygulamalı dilbilim bakımından yalnızca teknik yenilik başlığı altında değerlendirilemez; dilsel kapsayıcılık, faillik, kültürel tanınma, temsil, eşitlik ve dilsel adalet bağlamında ele alınmalıdır. Burada özellikle vurgulanması gereken nokta, yapay zekânın söz konusu çalışma alanına dışarıdan eklenmiş yardımcı bir unsur olarak görülemeyeceğidir. Daha derinde işleyen süreç; hangi dillerin, hangi konuların, hangi bilgi biçimlerinin ve hangi öğrenme deneyimlerinin meşru sayılacağına ilişkin zeminin yeniden kurulmasıdır.

Çalışmanın önemli noktalarından biri yapay zekâyâ ilişkin tartışmaların uygulamalı dilbilimde çoğu zaman iki dar yorum çerçevesine sıkışmasıdır: Bir tarafta yapay zekâyı eğitim süreçlerini kolaylaştıran, verimi artıran ve yeni imkânlar açan bir araç olarak öne çıkaran yaklaşım bulunmaktadır. Diğer tarafta ise riskleri güçlü biçimde sezmekle birlikte bunları çoğu zaman genel bir kaygı dili içinde bırakan değerlendirmeler yer almaktadır. Uygulamalı dilbilim açısından ihtiyaç duyulan şey, bu iki yönelimin ötesine geçen daha dikkatli ve daha kurucu bir kavramsallaştırmadır. Burada önem taşıyan, yapay zekânın kullanışlı olup olmaması değildir. Belirleyici olan, bu teknolojinin nasıl bir tarihsel zeminde güç kazandığı, dil eğitiminde ne tür açılımlar sağladığı, eşitsizlikleri hangi biçimlerde dönüştürdüğü ya da yeniden ürettiği ve daha adil bir gelecek bakımından ne tür etik ve yapısal sorumluluklar doğurduğudur. Bu çalışma da tam bu noktada devreye girmektedir. Yapay zekâyı tek yönlü bir fırsat anlatısına yerleştirmemekte onu yalnızca tehdit ekseninde de değerlendirmemektedir. Bunun yerine yapay zekânın uygulamalı dilbilimde aynı anda kapsayıcı imkânlar açabilen ve dışlayıcı sonuçlar üretebilen çok katmanlı etkisini tarihsel, pedagojik, dilsel ve siyasal boyutlarıyla birlikte ele almaktadır.

Yapay zekâ, dil eğitimi alanında giderek daha görünür bir yer edinmektedir. Bu görünürlük, çoğu zaman teknik beceriler, hız, verimlilik ya da kişiselleştirilmiş öğrenme gibi başlıklar etrafında değerlendirilmektedir. Oysa asıl mesele bu teknolojilerin ne kadar geliştiğinden çok, dil eğitiminin nasıl kurulduğunu, hangi bilgi biçimlerinin geçerli sayıldığını, hangi dillerin merkeze alındığını ve öğrenme imkânlarının kimler arasında nasıl dağıldığını nasıl etkilediğinde toplanmaktadır. Yapay zekânın uygulamalı dilbilimdeki anlamı bu nedenle teknik kapasitesinin ötesinde aranmalıdır. Burada belirleyici olan, yapay zekânın dil eğitimine hangi araçları eklediği kadar, eğitimsel meşruiyet ölçütlerini, öğrenme süreçlerini ve dilsel hiyerarşileri hangi yönlerde dönüştürdüğüdür. Bu tartışma, yapay zekâyı tarihsiz ve kendiliğinden ortaya çıkmış bir yenilik gibi ele alarak sürdürülemez. İnsanlığın bilgiyi kaydetme, çoğaltma, aktarma ve dolaşıma sokma biçimleri, uzun bir tarih boyunca farklı teknik araçlarla yeniden kurulmuştur. Yapay zekâ da bu uzun dönüşüm çizgisinin güncel bir evresi içinde düşünülmelidir. Böyle bir tarihsel zemin kurulduğunda, bugünkü tartışmalar daha açık bir çerçeveye kavuşur. Öğrenme ortamlarının değişimi, bilginin dolaşım biçimleri, öğretim otoritesinin yeniden dağılımı ve öğrenenin eğitim içindeki yeri bu çerçeve içinde daha anlaşılır hâle gelir. Bu açıdan yapay zekâ, ikinci dil eğitimi açısından önemli imkânlar taşımaktadır. Özellikle eğitim süreçlerinde dışlanan, yeterli desteğe ulaşamayan ya da dilsel bakımdan baskı altında kalan topluluklar için daha kapsayıcı öğrenme yolları açabilir. Öğrenenin derse katılımını artıran, kendi öğrenmesini yönlendirmesine alan tanıyan ve dilsel birikimini görünür kılan uygulamalar bu imkânlar arasında yer alır. Mülteciler, yerinden edilmiş topluluklar, yerli halklar ve dilsel bakımdan dışlanan öğrenciler söz konusu olduğunda bu alan daha da önem kazanır. Yapay zekâ; bu gruplar için destekleyici, erişilebilir ve güçlendirici öğrenme süreçleri kurma potansiyeli taşımaktadır. Bununla birlikte aynı alan, ciddi riskler de barındırmaktadır. Egemen dillerin merkezde tutulması, yerel dillerin geri plana itilmesi, kültürel örüntülerin silikleşmesi, standart dil anlayışının pekiştirilmesi ve bilgi üretimindeki eşitsizliklerin derinleşmesi bu riskler arasındadır. Yapay zekâ sistemleri, veriye dayalı çalışma biçimleri nedeniyle kendilerini besleyen dilsel ve kültürel düzenleri kolaylıkla yeniden üretebilmektedir. Böylece dil eğitimindeki eşitsizlikler, belirli kurumsal ve tasarımsal tercihlerin sonucu oldukları hâlde sistemin doğal işleyişiymiş gibi kabul görebilir. Burada asıl mesele, yapay zekâyı eğitimde işe yarayan yeni bir araç olarak sunmak değildir. Asıl mesele; bu teknolojilerin dil eğitiminde hangi düzeni güçlendirdiğini, hangi dilleri öne çıkardığını, kimlere daha çok alan açtığını ve kimleri kenarda bıraktığını ortaya koymaktır. Bu nedenle yapay zekâ, dil eğitiminin hangi ölçütlerle kurulduğu ve bu ölçütlerin kimlerin yararına işlediği sorusu da birlikte

düşünülmelidir. Daha adil bir yapay zekâ düzeniyse kendiliğinden ortaya çıkmaz. Bu alanda etik tasarım, erişim imkânları, ortak üretim, kültürel temsil ve dilsel çeşitlilik belirleyici başlıklardır. Uygulamalı dilbilim açısından önemli olan nokta da burada ortaya çıkar. Yapay zekâ üzerine yürütülen tartışma başarı, hız ve verim ölçütleriyle sınırlı kaldığında, dil eğitiminin toplumsal ve siyasal boyutu geri çekilir. Oysa bu alanda alınan her karar, hangi dillerin değer gördüğü, hangi konuşurların geçerli kabul edildiği ve hangi öğrenme biçimlerinin desteklendiğiyle doğrudan ilgilidir. Bu çalışma, yapay zekânın eğitim alanındaki sonuçlarını bu geniş çerçeve içinde ele almaktadır.

Çalışma dört başlık üzerinden ilerlemektedir. İlk bölümde öğrenme ortamlarının teknolojik dönüşümü ele alınmaktadır. Böylece yapay zekâ, tarihsel sürekliliği olan daha geniş bir değişim içinde değerlendirilmektedir. İkinci bölüm, yapay zekâ ile dilsel kapsayıcılık arasındaki ilişkiye odaklanmaktadır. Bu bölümde öğrenenin eğitim içindeki yeri, kişiye uyarlanmış destek biçimleri ve risk altındaki topluluklar açısından ortaya çıkan imkânlar incelenmektedir. Üçüncü bölümde yapay zekânın yeniden sömürgeleştirici etkileri tartışılmaktadır. Dilsel üstünlük düzenleri, kültürel silinme, standartlaştırma ve algoritmik işleyişin bu süreçlerdeki rolü bu bölümün odağını oluşturmaktadır. Son bölümde ise dilsel adalet ile yapay zekânın geleceği arasındaki ilişki ele alınmaktadır. Burada daha kapsayıcı, daha erişilebilir, kültürel bakımdan daha duyarlı ve temsil gücü daha yüksek yapay zekâ düzenlerinin hangi koşullarda kurulabileceği tartışılmaktadır. Bu çerçeve; yapay zekâ tartışmasını teknoloji, pedagojik uygulama ve etik kaygı başlıklarının ötesine taşımaktadır. Öğrenme ortamlarının tarih boyunca hangi araçlarla değiştiği, bilginin hangi maddi ve kurumsal yapılar içinde dolaşıma girdiği ve yapay zekânın bu süreçte nasıl bir yer tuttuğu açık biçimde görüldüğünde sonraki bölümlerde tartışılan kapsayıcılık, dilsel üstünlük düzenleri ve adalet meseleleri de daha sağlam bir zemine oturmaktadır. Bu nedenle tartışmaya öğrenme ortamlarının teknolojik dönüşümünden başlamak yerinde olacaktır.

2. Öğrenme Araçlarının Değişimi

Yapay zekânın eğitim alanındaki bugünkü yerini doğru değerlendirebilmek için onu tarihten kopuk, kendiliğinden ortaya çıkmış bir yenilik gibi ele almak yetersiz olacaktır. Daha isabetli olan, yapay zekâyı insanlığın öğrenme ortamlarını teknik araçlar aracılığıyla uzun bir tarih boyunca sürekli değiştirmesinin bugünkü aşaması içinde düşünmektir. İnsan toplulukları eski çağlardan günümüze değin öğrenmenin dayandığı somut zemini ellerindeki türlü araçlarla kurmuştur. Eski çağlarda bilgi; kaya yüzeylerine, taşlara ve kil tabletlere işlenmiş; bu eylemler aracılığıyla kaydedilmiş, korunmuş, eş zamanda yaşadıkları diğer topluluklarla ve devamında ardıl topluluklarla paylaşılarak aktarılmıştır. Bu haliyle ilkel düzeydeki söz konusu araçlar, bilginin insan belleğinin sınırları dışına aktarılmasını sağlayan erken teknolojik olanaklar olarak düşünülmelidir. Buradaki dikkate değer yenilik tabii ki bu araçların salt işevuruk bir kullanım kolaylığı sağlanmasında değildir. Bilginin korunabilir ve aktarılabilir hâle gelmesidir. Yani bilgi, ilk kez kalıcı bir kayıt düzleminde varolma şansını elde etmiştir.

Sözünü ettiğimiz tarihsel süreç, MÖ 2. yüzyıldan itibaren kâğıdın kullanılmasıyla yeni bir evreye girmiştir. Kâğıt, bilgi paylaşımını daha erişilebilir bir düzleme taşıyarak bilginin erişim sınırlarını genişletmiştir. Çin’de MS 700 dolaylarında ve Avrupa’da 1440 sonrasında matbaa devrimi birlikte bu erişim sınırları daha da genişlemekle kalmamış aynı zamanda kurumsallaşmıştır. Matbaanın bilginin çoğaltılma hızını, aktarılmasını ve topluma yayılma biçimini kökten değiştirmiş olması bu devrimin en önemli çıktılarından biridir. Kitapların, gazetelerin ve başka basılı ürünlerin yaygınlaşmasıyla birlikte bilgi paylaşımı ile öğrenme ortamları derinden dönüşmüştür. Bu değişim; eğitimin ne olduğu ne işe yaradığı ve hangi yeni

seçeneklerle verilebileceği sorularını da önemli bir noktaya getirmiştir. Matbaanın açtığı bu alan, insanları sözlü aktarımla sınırlı bir öğrenme düzeninden ve yalnızca el yazması metinlere erişilebilen dar bilgi çevrelerinden çıkarmış çok daha güçlü öğrenme seçenekleri yaratmıştır.

Buraya kadar aktarılanlar bir arada düşünüldüğünde şu düşünceye erişmek yanlış olmayacaktır: Eğitim ve öğrenme durumları söz konusu araçlarla her zaman girişik bir yapı içindedir. Zaten öğrenme ortamı, en başından beri yukarıda sözü edilen araçlarla birlikte yapılandırılmıştır. Bu nedenle yapay zekâyı dışarıdan eklenmiş bir yama olarak görmek bakışimsal bir yanılısamayı beraberinde getirecektir. Bilginin kaydedilmesi, çoğaltılması, işleme sokulması ve birey-topluluk nezdinde geçerlilik kazanması süreçlerinin tarihsel devamlığı içinde yapay zekanın bu yapısal nedenselliğini göz önünde bulundurmamak oldukça önemlidir. Matbaa sonrasında bu kez Sanayi Çağı bu dönüşümü başka bir düzleme taşımıştır. Öğrenme ortamları görünür, düzenlenebilir ve etkileşime açık bir nitelik kazanmıştır. Burada kazanılan nitelik özellikle ‘üretim bantları’ nın çarkları haline dönüşecek kişiler yetiştirmek amacını taşıdığından ve anamalcı bir anlayışla salt pragmatik (yanlış bir yorumlanışla belki) eğilime dönüşse de öğrenme ortamlarının belli bir yönetsel ve bilimsel alt yapıya erişmesine olanak sağlamıştır. Ardından bilgisayarların yükselişi ve internetin kısa sürede küresel bir iletişim ile bilgi altyapısına dönüşmesiyle Dijital Çağ başlamıştır. Bu dönemin ayırt edici yönü, bilginin mekâna bağımlılığını ciddi ölçüde azaltmasıdır. Dijital Çağ, ulus-devletler arasındaki coğrafi uzaklığın bilgiye erişim üzerindeki sınırlayıcı etkisini zayıflatmış; bilgi ile bilginin dolaşımını hazır, hızlı ve kolay erişilebilir hâle getirmiştir (Dovchin & Oliver, 2021). Böylece öğrenme edimi artık belirli kurumların ve yetkelerin gölgesinden uzaklaşarak daha bireysel ve kamusal bir nesne haline gelmiş oldu. Bu değişim, taşınabilir teknolojiler ile gücünü artırmış ve kullanıcıya daha varsıl çözümler üretmeye aday haline gelmiştir. Örneğin akıllı telefonlar ve tabletler, öğrenme ortamını taşınabilir kılmış ve kullanıcıya göre uyarlanabilir hâle getirmiştir. Daha da önemlisi zaman-mekân kaynaşıklığını tekil olarak düşünülebilecek yaşantılar oluşturmaya hazır hale getirerek herhangi bir anda ve neredeyse her yerde tek bir dokunuşla erişilebilen bilgi kümelerine erişimi kolaylaştırmıştır. Yani öğrenme salt olarak sınıfa, kütüphaneye ya da belirli zaman dilimlerine bağlı bir etkinlik olmaktan çıkıp gündelik hayatın içine yayılan, devinim hâlindeki özneyle birlikte yer değiştiren ve süreklilik kazanan bir deneyimdir. Eğitim teknolojilerinin sürecine bu açıdan bakıldığında şu da dikkat çekici bir durumdur: Her yeni gelişme yalnızca eğitim-öğretim ortamlarına erişimi kolaylaştırmaz. Aynı zamanda bilginin kim tarafından üretileceğini, kim tarafından doğrulanacağını ve kimlerin öğrenen ya da öğretici sayılacağını da yeniden belirler. Teknik dönüşümle yetke ilişkilerindeki değişim bu nedenle birbirinden ayrı düşünülemez. Eğitim tarihindeki her eşik, bilgiyle birlikte güç ilişkilerini de yeniden kurar.

Bu eşiklerin en önemliliklerinden olan yapay zekâ, tüm bu kaynaşık yapıların ve de yüzyıllar alan alışkanlıkların tekrar sorgunlanmasıyla daha karmaşık bir evreye ulaşmıştır. Öğrenme ortamı ile insan eğitimi artık yapay zekâ tarafından da dönüştürülmektedir. Yapay zekâ, insan tarafından tanımlanmış hedefler doğrultusunda öngörü üretebilen, öneriler sunabilen ya da çözüm geliştirebilen makine temelli sistemleri ifade eder (Zhao & Gómez Fariñas, 2023). Özellikle yapay zekâ destekli dil öğrenme ortamlarının dönüştürücü olanakları son derece geniştir. Bu sistemler, dil öğrenme olanaklarına erişimi hızlandırmakta ve farklı kullanıcı grupları bakımından bu alanı daha erişilebilir hâle getirmektedir. Üstelik etkileri de erişim kolaylığıyla sınırlı değildir. Dil öğreniminin yapısını, işleyişini, öğretim anlayışını ve kurumsal çerçevesini de derinden etkilemektedirler (Pack & Maloney, 2024). Dolayısıyla burada söz konusu olan, mevcut eğitim düzenine eklenmiş yardımcı bir kolaylık sağlayıcı unsur olmaktan öte alanın yönünü ve işleyişini dönüştürmeye başlayan daha köklü bir değişimdir.

Yapay zekânın dil eğitimi üzerindeki etkileri tek biçimli değildir. Aynı teknik altyapı, içinde kullanıldığı toplumsal ve kurumsal koşullara bağlı olarak farklı sonuçlar doğurabilir. Bazı durumlarda dil eğitiminde yerleşmiş kabulleri ve kalıplaşmış uygulamaları sorgulamaya açar; bazı durumlarda tarihsel eşitsizliklerin yeni araçlar üzerinden sürmesine hizmet eder. Bu nedenle yapay zekâ, uygulamalı dilbilim açısından dikkatle incelenmesi gereken bir alandır. Araştırmacıların ve eğitimcilerin temel sorumluluğu, yapay zekâyâ koşulsuz bir değer atfetmek ya da onu toptan dışlamak değildir. Esas ihtiyaç, bu teknolojilerin hangi topluluklar için yeni öğrenme imkânları oluşturduğunu, hangi eşitsizlikleri yeniden ürettiğini ve dil eğitimi içindeki güç ilişkilerini nasıl etkilediğini sürekli sorgulayan eleştirel bir yaklaşım geliştirmektir. Böyle bir yaklaşım kurulmadığında yenilik söylemi mevcut eşitsizlikleri perdeleyen yeni bir meşrulaştırma aracına dönüşebilir. Bu teknolojik dönüşüm karşısında asıl sorumluluk; öğrenmeyi herkes için daha kapsayıcı, adil ve etkin kılmaktır. Uygulamalı dilbilim alanında çalışan araştırmacılar ve eğitimciler; eşitlik, dijitalleşme seviyesindeki büyük farklar ve yapay zekânın etik kullanımı gibi kavram ve durumlar üzerine yoğunlaşan soruları sürekli canlı tutmalıdır. Ancak böyle bir yaklaşım, sözünü ettiğimiz tartışmayı teknik kapasite ya da eğitsel verimlilik düzeyinin ötesine taşır; etik, politik ve epistemik sonuçları da hesaba katan daha geniş bir değerlendirme zemini kurar. Çünkü yapay zekâyâ ilişkin her karar, dil eğitiminin hangi adalet anlayışıyla, hangi erişim düzeniyle ve nasıl bir insan tasavvuruyla biçimleneceğini de etkiler.

3. Yapay Zekâ ve Dilsel Eşitlik

Yapay zekânın önemli potansiyellerinden biri, dil eğitiminde kökleşmiş dilsel hiyerarşileri sarsabilecek bir alan açmasıdır. Yapay zekâ, dil eğitimi alanında uzun süredir etkisini koruyan dilsel eşitsizlikleri sorgulamaya açan önemli bir imkân sunmaktadır. Bazı dillerin, konuşma biçimlerinin ve öğrenme pratiklerinin daha nitelikli sayıldığı bu alanda birçok öğrenci kendi dilsel birikimiyle eğitim sürecinin dışında kalmaktadır. Yapay zekâ, bu yerleşik yapının yeniden düşünülmesine katkı sağlayabilir. Öğrenme sürecini tek kaynağa ve tek yetkeye bağlı bir yapı olmaktan çıkarıp öğrencinin daha etkin olduğu bir ilişki düzenine yaklaştırabilir. Söz konusu durum özellikle ikinci dil öğrenenler açısından önem taşımaktadır. Çünkü bu öğrenciler zorluk çoğu zaman dersle ilgili olmaktan öte göç, dışlanma, güvencesizlik ve gündelik sorunlar vb. durumlarıdır. Böyle koşullarda yapay zekâ, sürekli erişilebilen ve anlık karşılık üretebilen bir öğrenme desteği sunabilir. Öğrenciye alıştırmaya yapma, açıklama isteme, cümle kurma, yazısını geliştirme ve farklı anlatım yollarını deneme imkânı verir. Bu katkı, iddia edildiği gibi öğretmenin yerini alan bir düzen kurmaz; öğrenme sürecindeki etkileşim alanını genişletir. Böylece öğrenci, hazır bilgiyi alan kişi konumundan uzaklaşır; soru soran, deneyen, karar veren ve öğrenme sürecine yön veren daha etkin bir özne hâline gelir. Tüm bunlara ek yapay zekânın sunduğu katkılar burada da bitmez. Bu sistemler, öğrencilerin zorlandığı alanları daha erken fark etmeye, desteğe daha çok ihtiyaç duyan öğrencileri belirlemeye ve uygun zamanda müdahale etmeye yardımcı olabilmektedir (Huang et al., 2023). Öğrencinin düzeyine uygun metin hazırlama, alıştırmaya oluşturma, tartışma soruları geliştirme, yazı örnekleri sunma, değerlendirme ölçütleri üretme ve öğrencinin kurduğu istemleri daha açık hâle getirme gibi işlevler de bu kapsamda değerlendirilebilir (Pack & Maloney, 2023). Yazma öğretimi bakımından da önemli bir katkı söz konusudur. Öğrenci; yapay zekâyâ etkili yönlendirmeler yazmayı öğrenebilmekte, belirli bir rol çerçevesinde yazı çalışması yapabilmekte, karşılıklı konuşma akışı içinde metnini geliştirebilmekte ve farklı yazma biçimlerini deneyebilmektedir (Ingle & Pack, 2023). Burada asıl önemli nokta, öğrencinin öğrenme sürecindeki konumunun değişmesidir. Öğrenci, bilgiyi edilgen bir biçimde alan kişi olmaktan çıkıp bilgiyle çalışan, deneme yapan, hata üzerinden ilerleyen ve kendi öğrenmesini yönlendiren bir özneye

dönüşebilir. İkinci dil eğitimi bakımından bu değişim dikkat çekicidir. Çünkü dersin yönünü, içeriğini ve geçerli bilgi biçimlerini uzun süre büyük ölçüde öğretmen belirlemiştir. Yapay zekâ ise öğrencinin bu süreçte daha etkin yer almasına imkân vermektedir. Özellikle kamusal erişime açık ve pedagojik araştırmalar ışığında kullanılan yapay zekâ araçları, kırılğan koşullardaki öğrenciler için yeni öğrenme olanakları yaratabilir; bu yönüyle daha adil bir eğitim ortamına katkı sunabilir (Huang et al., 2023).

Yapay zekânın sunduğu bu olanak, çeşitli nedenlerle dışlanan gruplarca daha etkin biçimde kullanılmaktadır. Mültecilerle savaş ve çatışma nedeniyle yerinden edilen gruplar, bunun en belirgin örnekleri arasındadır. Bogachenko ve arkadaşlarının (2024) çalışması, Rusya-Ukrayna savaşı sonrasında Avustralya'ya yerleşen Ukraynalıların *Google Translate* kullanımından önemli yararlar sağladığını göstermektedir. Bu yararlar, gündelik iletişim kolaylığının ötesine uzanmaktadır. Araştırma, bu bireylerin İngilizce öğrenme sürecinde dil üzerine daha bilinçli düşündüğünü ve dijital araçları kullanma becerilerinin geliştiğini ortaya koymaktadır (Bogachenko vd., 2024). *Google Translate*; iletişim kurmayı kolaylaştırmış, dil kaynaklı zorlukları hafifletmiş, yeni çevreye uyum sürecini desteklemiş ve aidiyet duygusunu güçlendirmiştir. Benzer bir durum Hong Kong'da da görülmektedir. Cheung ve Shi'nin (2024) çalışması, Hong Kong'daki mülteci çocukların ve onlara rehberlik eden öğrencilerin yapay zekâ destekli çalışmalarla İngilizce öğrenme sürecinde önemli kazanımlar elde ettiğini göstermektedir. Bu çocuklar, dijital hikâye anlatımı etkinliklerinde yapay zekâdan yararlanarak İngilizce metin üretmiş, anlatılarını geliştirmiş ve kendilerini daha rahat ifade etme imkânı bulmuştur. Bu süreç, yaratıcılıklarını desteklemiş, ifade alanlarını genişletmiş ve farklı topluluklarla ilişki kurmalarına katkı sağlamıştır (Cheung & Shi, 2024). Burada dikkat çeken nokta yapay zekânın yalnızca yazılımsal bir yardım sunmamasıdır. Bu araçlar, kırılğan koşullarda yaşayan çocukların kendilerini anlatmalarına, başkalarıyla bağ kurmalarına, özgüven geliştirmelerine ve toplumsal görünürlük kazanmalarına katkı sunmaktadır. Bu nedenle dil eğitimi, bu bağlamda başarı ölçüleriyle sınırlı biçimde ele alınamaz; katılım, görünürlük ve toplumsal yer edinme gibi boyutlar da birlikte düşünülmalıdır.

Yapay zekâ teknolojilerinin eğitim alanındaki etkisi büyüdükçe toplumsal bakımdan bazı nedenlerle dışlanan kişi ve grupların dil öğrenenlerine yönelik yeni imkânlar da daha görünür hâle gelmektedir. Bu alandaki araştırmalar arttıkça burada ele alınan çalışmalar daha kapsayıcı, kültürel bakımdan daha duyarlı ve farklı dilsel gereksinimleri daha iyi gözeten araçların geliştirilmesine katkı sunacaktır. Bu birikim, mülteci topluluklar ve yerinden edilmiş gruplar için geliştirilecek eğitim uygulamalarına da önemli dayanaklar sağlayabilir. Özellikle teknolojiye erişim, dil öğrenme fırsatları ve uygun eğitim desteği bakımından ortaya çıkan eşitsizliklerin azaltılmasında bu çalışmalar yol gösterici olabilir. Bu tartışma daha geniş bir çerçevede ele alındığında, benzer olanakların *yerli* topluluklar için de anlamlı sonuçlar doğurabileceği anlaşılmaktadır. Burada kapsayıcılık, daha çok kişiye ulaşmakla sınırlı bir konu değildir. Esas olarak tarihsel süreç boyunca dışlanmış toplulukların kendi dilleriyle varlık gösterebilmesi, öğrenme hakkını kullanabilmesi ve bilgi üretimine daha adil koşullarda katılabilmesi önem taşımaktadır. Yapay zekânın eğitim alanındaki değeri de burada ortaya çıkar. Asıl soru, bu teknolojilerin kimler için, hangi diller için ve hangi öğrenme koşulları içinde daha adil bir eğitim ortamı kurmaya katkı sunduğudur.

4. Yapay Zekâ Bağlamında Dilsel Hegemonya

Yapay zekâ, dil eğitimi alanında erişimi genişleten, geri bildirim hızlandıran ve öğrenme sürecini kullanıcıya göre düzenleyebilen araçlar sunmaktadır. Bununla birlikte bu araçların hangi dil anlayışına, hangi kültürel kabullere ve nasıl bir eğitim ölçüsüne dayandığı her zaman

açık değildir. Sorun tam bu noktada başlar. Çünkü bu sistemler çoğu kez egemen dillerin kullanım örnekleriyle, merkezde duran kültürel kabullerle ve yaygın eğitim alışkanlıklarıyla geliştirilmektedir. Böyle bir temel kurulduğunda bazı nitelik-niceliler açısından güçlü konumda olmayan toplulukların dil kullanımını da öğrenme tecrübesi de geri plana itilebilmektedir. Bu durumu betimlemek için Birhane'nin (2020) "algorithmic colonialism" kavramı ile Meighan'ın (2022, 2024) "coloniallingualism" yaklaşımı birlikte düşünülerek "algoritmik kolonyaldilsellik" kavramı oluşturulabilir. Ancak buradaki asıl sorun, tek tek yanlış sonuçların ortaya çıkması değildir. Bunun daha da ötesinde geçerli sayılan dilin, değer verilen bilginin ve kabul gören öğrenme biçiminin dar bir merkezden belirlenmesi eğilimidir. Zaten bu kavramı gerekli kılan da budur. Çünkü söz konusu yapı, yapay zekâ destekli dil eğitiminde eski üstünlük ilişkilerinin yeni araçlar üzerinden sürmesini mümkün kılmaktadır.

Sömürgecilik, en yalın anlamıyla bir topluluğun başka bir topluluk üzerinde üstünlük kurması ve bu üstünlüğü kendi çıkarları doğrultusunda sürdürmesidir. Birhane'nin (2020, s. 389) kullandığı "algoritmik sömürgecilik" kavramı, bu yerleşik anlayış biçiminin yapay zekâ çağındaki görünümüne işaret eder. Burada üstünlük, doğrudan askerî ya da idarî yollarla elde edilen bir durumdan öte veri işleyen sistemler, sıralama mantıkları ve yapay zekâ temelli çözümler aracılığıyla kurulan durumları anlatır. Başkalarında geliştirilen ve ihraç edilen sistemler; bunu ithal eden toplulukların ihtiyaçlarını, hayat tarzlarını ve önceliklerini hesaba katmadan devreye sokulur. Böylece ilerleme adına sunulan çözümler, yerel bilgi birikimini ve yerel eğitim anlayışını geri plana itebilir. Meighan'ın (2022, 2024) kullandığı "kolonyaldilsellik" kavramıysa sömürge döneminden miras kalan bilgi anlayışlarının ve dillerin, özellikle de İngilizcenin, eğitimde ve dil politikalarında üstün konumunu korumasına dikkat çeker. "Algoritma aracılı dilsel sömürgeleştirme" biçiminde kavramsallaştırdığımız bu durum, söz konusu iki sürecin birleşmesine atıf yapmaktadır. Bir tarafta dışarıdan kurulan ve işleyişi dışarıdan belirlenen yapay zekâ sistemleri vardır. Yapay zekâ sistemleri çoğu kez İngilizceyi, Batı'da yerleşmiş bilgi anlayışlarını ve Batı anlayışı bağlamında eğitimde neyin doğru, yeterli ya da başarılı sayılacağını belirleyen ölçütleri temel alır. Böylece yapay zekâ hangi dilin geçerli sayılacağını, hangi bilginin değerli kabul edileceğini ve hangi öğrenme biçiminin kabul edilebilir görüleceğini de etkiler. Kavramın asıl önemi de burada ortaya çıkar. Buradaki sorun, bazı dillere öncelik ya da başka bir söylemle üstünlük tanınmasından çok daha kapsamlıdır. Belirleyici olan dilsel geçerliliğin, bilgi değerinin ve eğitsel kabulün hangi merkezden tanımlandığıdır. Birhane'nin "algorithmic colonialism" ile Meighan'ın "coloniallingualism" kavramlarını birlikte ele alındığında "algoritma aracılı dilsel sömürgeleştirme" adını verdiğimiz kavram öbeği tam da bu belirleme gücüne işaret eder. Yapay zekâ destekli sistemler, hangi dilin geçerli, hangi bilginin değerli ve hangi öğrenme biçiminin kabul edilebilir sayılacağını da etkiler. Kavramın açıklayıcı gücü burada yatar. Çünkü üstünlük ilişkileri dilsel öncelikler, değerlendirme ölçütleri ve veriyle çalışan sistemler aracılığıyla da sürdürülmektedir.

Algoritma aracılı dilsel sömürgeleştirme, soyut bir olasılık olmaktan uzaktır. Bu eğilim somut örneklerde açıkça görülebilmektedir. Özellikle Avrupa merkezli ve İngilizceyi esas alan dil normlarının yeniden güç kazanmasında belirginleşmektedir. Carbajal-Carrera'nın (2024), "mansplaining"den hareketle önerdiği "AIsplaining" kavramı, üretici yapay zekânın verdiği yanıtların her zaman nötr bir bilgi aktarımı olmadığını göstermektedir. Bazı durumlarda sistem, zaten ayrıcalıklı konumda bulunan toplumsal ve kültürel kabulleri sanki tek geçerli açıklama biçimiymiş gibi sunmaktadır. Özellikle Avrupa merkezli yorumların ve erkek egemen bakışın öne çıkması bu sorunu daha görünür hâle getirmektedir. "AIsplaining" kavramı da tam bu işleyişi adlandırır. Yapay zekâ, baskın kabulleri yeniden dolaşıma sokarken başka hayat

tecrübelerini, başka bilgi biçimlerini ve başka yorum imkânlarını gölgede bırakabilmektedir. Tarihsel sömürgecilik kendi kültürel ölçülerini başka topluluklara dayatıyordu. Burada da benzer bir yönelim, bu kez yapay zekâ sistemlerinin verdiği cevaplar üzerinden işlemektedir.

Yapay zekâ tarafından üretilen metinler ilk bakışta düzenli, güçlü ve ikna edici görünebilir. Ancak bu görünüm çoğu zaman yerel deneyimi, yerel bilgi birikimini ve kültürel ayrıntıları yeterince taşımayan örneklerle dayanır. Stewart ve Zheng'in (2024) belirttiği gibi bu tür metinler, Batı kültürel üstünlüğünü ve ana dili konuşurluğunu ölçü kabul eden yaklaşımı (native-speakerism) öne çıkarırken yerel kültürlerin bilgi dünyasını yeterince yansıtamaz. Bunun sonucunda dil eğitimi alanında sömürgeleştirici etkiler üreten bir yazı düzeni tekrar ortaya çıkar. Burada dikkat edilmesi gereken nokta sözü edilen kültürel eksiltmenin biçimce düzgün, güvenilir ve ölçülü bir yazı biçimi içinde fark ettirilmeden dolaşıma girmesidir. Aynı sorun, yapay zekâ sistemlerinin dillere yaklaşımında da görülmektedir. Bu sistemlerin büyük bölümü, İngilizce gibi küresel ölçekte öne çıkan diller temel alınarak geliştirilmektedir. Bunun da sonucu açıktır: azınlık dilleri ile yeterince kayıt altına alınmamış diller daha da geri plana atılmaktadır. Üstelik sorun, diller arasındaki sıralamayla da bitmemektedir. Merkezde tutulan dillerin bile en ölçünlü biçimleri dikkate alınmakta; aynı dilin şive ve ağız özellikleri geri plana itilmektedir. Örneğin Vietnamca ve Mandarin bu açıdan açıklayıcıdır. ChatGPT'nin Vietnamcanın kuzey, güney ve merkez lehçeleri ile Mandarin'in Standart Mandarin, Tayvan Mandarin'i ve Singapur Mandarin'i arasında önceden belirlenmiş sorular karşısında lehçeye özgü içerik tanıma ve üretme bakımından sınırlı kalması, yapay zekânın dilsel hiyerarşileri nasıl yeniden üretebildiğini açıkça göstermektedir (Tran & Stell, 2024). Bu eksiklik basit bir performans sorunu olarak görülemez. Çünkü hangi dil biçimlerinin tanınabilir, üretilebilir ve eğitim alanında dolaşıma sokulabilir sayıldığına ilişkin kararlar, doğrudan dilsel değer sıralamalarıyla ilgilidir. Bir sistem bir lehçeyi tanımadığında ya da üretmediğinde yalnızca eksik çalışan bir araç olarak kalmaz; o lehçenin kamusal ve eğitsel geçerliliğini de zayıflatır.

Yapay zekâ destekli bu tür uygulamalar, dilsel ve kültürel çeşitliliği değersizleştirme tehlikesi taşımaktadır. Bunun sonucu olarak merkezde tutulmayan dilsel ve kültürel geçmişlerden gelen öğrenenler ile dil kullanıcıları kendilerini dışarıda kalmış hissedebilmektedir (Tankosic et al., 2024). Yapay zekâ tarafından üretilen içerikler, İngilizceyi sonradan öğrenen bireylere eksiklik merkezli bir bakış yöneltebilir. Böylece dilsel yeterliğin ve yetersizliğin ne anlama geldiğine ilişkin sömürgeci kabuller daha da güçlenebilir. Tankosic ve arkadaşlarının (2024) "silinme mekânları" adını verdiği alanlar da bu koşullarda oluşmaktadır. Bu alanlarda ana dili konuşurluğu arzu edilir ve değerli görülürken ana dili konuşuru olmama durumu ile aksanlı konuşma eksiklik, uygunsuzluk ya da yetersizlik gibi kodlanmaktadır (Tankosic et al., 2024). Yapay zekâ sistemleri bu biçimde kullanıldığında dilsel üstünlük ilişkileri yeniden kurulmakta, Batı kaynaklı standartlar merkezde tutulmakta azınlık lehçeleri, aksanları ve dilsel örüntüler ise daha da görünmez hâle gelmektedir. Burada sorun, bazı çeşitlerin geri planda kalmasından ibaret değildir. Asıl sorun; hangi konuşma biçimlerinin doğru, geçerli, öğretilebilir ya da yeterli sayılacağına ilişkin kararın yapay zekâ sistemleri aracılığıyla yeniden kurulmasıdır. Dilsel çeşitliliğin bastırılması bu nedenle eğitsel bir ayrıntı olarak görülemez. Böyle bir bastırma, bilgi dünyalarının değer sırasını yeniden belirlediği için doğrudan epistemik güç üretir. Bir aksanı, bir lehçeyi ya da bir konuşma örüntüsünü eksiklik olarak işaretlemek, o dili taşıyan hayat biçimini de değersizleştirir.

Tüm bunlar bir arada düşünüldüğünde ikinci ve(ya) yabancı dil eğitimi alanında *algoritma aracılı dilsel sömürgeleştirme*nin ciddiye alınması gerekliliği bir kez daha orya çıkmaktadır. Uygulamalı dilbilim açısından burada gerekli olan şey, sürekli dikkatli olmak ve tüm bu durumlara tarafsız bir biçimde eleştirel yaklaşmaktır. Çünkü yapay zekâ sistemleri eğitim

alanında kullanılmaya başlanırken kültürel, dilsel ve sosyoekonomik çeşitlilik hesaba katılmadığında eski sömürgeci alışkanlıkları yeni araçlar üzerinden tekrar kurulabilir. Bu yüzden asıl sorumluluk, teknolojik çözüm fikrinin cazibesine kapılmadan önce bu sistemlerin kimi merkeze aldığını, kimi geri plana ittiğini ve kimin öğrenme imkânını daralttığını sormaktır. Belirleyici olan da budur. Yapay zekâyı bütünüyle reddetmek de koşulsuz benimsemek de yeterli bir tutum değildir. Asıl ihtiyaç, belirli yapay zekâ düzenlerinin belirli topluluklar üzerinde ne tür sonuçlar doğurduğunu sürekli sorgulayan siyasal ve pedagojik bir değerlendirme geliştirmektir. Ancak bu tür bir değerlendirme, teknolojik yenilik söylemi içinde gizlenen yeniden sömürgeleştirici etkileri açığa çıkarabilir.

5. Dilsel Adalet ve Yapay Zekânın Geleceği

Önümüzdeki yol, yapay zekânın etik tasarımı ve uygulanması konusunda kolektif bir kararlılığı zorunlu kılmaktadır. Politika yapımcıların, eğitimcilerin, araştırmacıların ve teknoloji geliştiricilerinin birlikte hareket etmesi gerekir; çünkü yapay zekâ sistemlerinin dilsel ve kültürel çeşitliliği gerçekten incelemesi, kendiliğinden gerçekleşecek bir sonuç sayılmaz. Bu ortak sorumluluk, öğrenenlerin sahip oldukları farklı dilsel kaynakları birlikte kullanarak anlam kurma biçimlerinin (translanguaging), azınlık dillerinin yapay zekâ tasarımında görünür ve belirleyici bir yer edinmesini de içerir. Veri kümelerinde daha çok dile yer vermek, tek başına yeterli bir yönelim sunmaz. Farklı dil kaynaklarını, anlam kurma yollarını ve kültürel örüntüleri gerçekten içerebilecek yapay zekâ araçları geliştirmek daha işevuruk bir yönelim olacaktır. Bu yönelim, özellikle tehlike altındaki ya da yeterince temsil edilmeyen dil kaynakları açısından daha da önem kazanır. Yapay zekâ tasarımında hedef, katı dil normlarını yeniden üreten sistemler kurmak yerine, standart dışı dil çeşitlerine ve dillerarası anlam kurma pratiklerine de onları edilgenleştirmeden yer açan yapılar geliştirmektir (Dovchin et al., 2024). Adil bir yapay zekâ geleceği burada şekillenir. Belirleyici nokta, veri çeşitliliğini artırmak kadar dile değer kazandıran ölçütleri de değiştirebilmektir. Bir dilsel pratiğin sisteme dâhil edilmesi başka bir düzeydir. O pratiğin geçerli, üretken ve eğitim bakımından nitelikli kabul edilmesiyse başka bir düzey oluşturur. Dönüştürücü ve nitelikleştirici etki, bu ikinci düzeyde ortaya çıkar.

Birhane'nin (2020: 389), Afrika üzerinden dikkat çektiği durum, tartışmanın asıl yönünü açıkça göstermektedir: Batı'da geliştirilen yapay zekâ sistemleri; Afrika'nın dilsel, eğitsel ve toplumsal ihtiyaçlarına karşılık vermekte yetersiz kalabilmektedir. Bunun sonucu yalnızca ihraç yapay zekâ araçlarının kullanılması ve sömürgeye açık hale gelmekle sınırlı kalmaz. Aynı zamanda yereldeki dijital araçların, dil teknolojilerinin ve bölgesel ihtiyaçlara göre geliştirilen eğitim çözümlerinin gelişme olanağının da sürecin hemen başında silikleşmesi söz konusudur. Böylece ülkeler, kültürler ve topluluklar; dışarıda geliştirilen yazılımlara, platformlara ve veri işleme sistemlerine daha bağımlı hâle gelmektedir. Bu sorun sadece Afrika ile sınırlı değildir. Diller arası anlam kurma üzerine yapılan çalışmalar, yerli diller ve azınlık dilleri bakımından da benzer bir tablonun ortaya çıktığını göstermektedir. Dışarıdan geliştirilen yapay zekâ sistemleri, bu dilsel ve toplumsal bağlamlara yeterince karşılık veremeyebilir. Daha önce de dile getirildiği gibi İngilizcenin merkezde tutulması, yerel dillerin ve bu dillerin alt kategorilerinin gelişimini daha da zorlaştırabilir. Böyle bir durumda sorun, bir sistemin belli bir topluluğa tam uymamasıyla açıklanamaz; belirleyici unsur, dilsel geleceğin nerede tasarlandığı, hangi dillerin geliştirilmeye değer bulunduğu ve hangi toplulukların kendi araçlarını üretme imkânının sınırlandırıldığıdır. Dilsel bağımlılık ile dijital bağımlılık tam bu noktada dikkat çekici bir biçimde kesişmektedir.

Tüm bunlara ek olarak yapay zekâyı erişim de başlı başına bir eşitsizlik alanı üretmektedir. Bu teknolojilerin geliştirilmesi ve uygulanması yüksek maliyet gerektirdiği için varsıl ülkeler ile

kaynakları sınırlı ülkeler arasındaki teknolojiye erişim eşitsizliği daha da derinleşebilmektedir. (Fang & Dovchin, 2024). Yerel ihtiyaçları dikkate alan, kapsayıcı ve maliyet bakımından ulaşılabilir yapay zekâ çözümleri geliştirilmediğinde dil eğitiminde bu teknolojilerin sağladığı imkânlar, onlardan en çok yararlanabilecek topluluklar için bile erişilmez kalabilir. Dil eğitiminde kullanılan yapay zekâ sistemleri çoğu zaman güçlü finansal kaynaklara, gelişmiş dijital olanaklara ve yoğun insan emeğine ihtiyaç duymaktadır. Bu durum, özellikle gelişmekte olan bölgelerde maddi ve teknik olanakları güçlü eğitim kurumları ile kaynakları sınırlı kurumlar arasındaki farkı daha da artırabilmektedir (Dovchin, 2017). Burada görülen eşitsizlik, araçlara ya da yazılıma ulaşma sorunuyla sınırlı kalmaz. Maddi olanaklar, öğretim imkânlarını ve öğrenme hakkından yararlanma düzeyini doğrudan etkilemektedir. Bu yüzden erişim, internete ya da cihaza ulaşma meselesiyle sınırlı bir konu olarak ele alınamaz. Öğrencinin ana dilini, dil öğrenme sürecindeki gereksinimlerini ve anlama biçimini gözeten araçlara ulaşabilmesi de erişimin temel bir parçasıdır. Eğitim sürecinde yer bulabilmek ve dışarıdan kurulmuş sistemlere bütünüyle bağımlı hâle gelmeden öğrenebilmek de aynı çerçevede düşünülmelidir. Bu güçlüklerle başa çıkabilmek için yapay zekâ sistemlerini besleyen veri kaynaklarının ve veri kümelerinin kültürel ve dilsel çeşitliliği gerçek anlamda kapsayacak biçimde genişletilmesi gerekir. Bu süreç, teknik düzeyde yapılacak bir güncellemenin ötesine uzanır; tasarım anlayışının, veri toplama biçimlerinin ve karar alma süreçlerinin de yeniden düşünülmesini gerektirir. Katılımcı ve ortak üretime dayanan tasarım süreçleri etkin bir biçimde kurulursa, bu çeşitlilik yapay zekâ sistemlerine daha güçlü ve daha anlamlı biçimde yansiyabilir. Bu yüzden dilsel ve kültürel bakımdan farklı toplumsal konumlarda bulunan öğretmenlerin, topluluk önderlerinin ve politika yapıcılarının yapay zekâ temelli çözümlerin tasarımına doğrudan katkı sunması büyük önem taşır. Bu tür girişimler, sömürgeleştirici eğilimleri sınırlayabilir ve kültürel açıdan duyarlı, dilsel çeşitliliği gözetilen eğitim uygulamalarının kurulmasına katkı sağlayabilir. Özellikle öğretmenler, yapay zekânın sınıf içindeki güç ilişkilerini nasıl etkilediğini eleştirel biçimde değerlendirdiklerinde öğrenenleri destekleyen ve güçlendiren uygulamaları daha kararlı biçimde savunabilirler. Yapay zekâ araçları; öğrencilerin dilsel çeşitliliğini görünür kılan, ona değer atfeden ve onu eğitim sürecinin bir parçası hâline getiren biçimlerde kullanılabilir. Böyle bir kullanım, sınıf içinde dilsel farklılığı eğitimsel bir imkân olarak gören bir kültürün gelişmesine katkı sunar. Uygulamalı dilbilim açısından görev de burada belirginleşir: yapay zekânın dil eğitimindeki toplumsal ve siyasal sonuçlarını sürekli sorgulamak. Asıl mesele, yapay zekâyı sınıfa verimlilik getiren bir araç olarak kullanmanın ötesinde onu dilsel adaletin hangi koşullarda kurulabileceğini düşündüren bir sınaama olarak ele almaktır. Bir yapay zekâ aracı, öğrencinin dilsel çeşitliliğini görünür kıldığında ve ona değer kazandırdığında pedagojik bakımdan kurucu bir işleve sahip olur; bu çeşitliliği sessizce tek tipe indirgediğinde ise dışlayıcı bir işleve yönelir.

Dil eğitiminde yapay zekânın geleceği, bundan sonra verilecek kararlara bağlıdır. Uygulamalı dilbilimcilerin, eğitimcilerin, araştırmacıların, politika yapıcılarının ve teknoloji geliştiricilerin benimseyeceği yönelim; bu alanın nasıl şekilleneceğini belirleyecektir. Yapay zekâ ile uygulamalı dilbilimin kesişiminde eşitliği, çeşitliliği ve dilsel adaleti merkeze alan bir yaklaşım benimsendiğinde bu teknolojilerin dönüştürücü gücü daha yapıcı biçimde değerlendirilebilir; yeniden sömürgeleştirici risklere karşı daha koruyucu bir zemin de oluşturulabilir. Böyle bir yönelim, bütün dillerin ve buna bağlı olarak bütün dil öğrenenlerin eşit değer taşıdığı daha kapsayıcı bir geleceğe doğru güçlü bir adım anlamı taşır. Buradaki temel hedef, yapay zekâyı daha kullanışlı kılmakla sınırlı kalmaz; hangi dillerin, hangi konuşurların ve hangi öğrenme biçimlerinin eşit değer taşıdığına ilişkin siyasal ve pedagojik zeminin yeniden kurulmasını da içerir. “Dilsel açıdan adil gelecek” mottosu dilsel hiyerarşilerin çözülmesini, teknolojik tasarımın toplumsal sorumlulukla birleşmesini ve öğrenmenin her topluluk için onurlu bir

imkân hâline gelmesini talep eden kurucu bir yönelimi adlandırır. Yapay zekânın geleceği de bu yönelim içinde savunulabilir ve anlam kazanabilir.

6. Sonuç

Çalışma, yapay zekânın uygulamalı dilbilim ve dil eğitimi alanındaki yerini teknik yenilik anlatısının ötesine taşıyarak toplumsal, dilsel ve pedagojik sonuçlarıyla birlikte değerlendirmiştir. Tartışma boyunca yapay zekânın tek yönlü bir gelişme çizgisi izlemediği, farklı bağlamlarda hem kapsayıcı imkânlar açabildiği hem de tarihsel eşitsizlikleri yeni araçlar üzerinden sürdürebildiği gösterilmiştir. Bu çerçevede ulaşılan temel sonuçlar şu şekilde özetlenebilir:

- Yapay zekâ, öğrenme ortamlarının tarihsel dönüşümü içinde ortaya çıkan güncel bir aşamadır. Bu nedenle onu eğitim alanına sonradan eklenmiş bağımsız bir araç gibi görmek, meselenin asıl boyutunu daraltır. Bilginin nasıl üretildiği, dolaşıma girdiği ve meşruiyet kazandığı soruları yapay zekâ tartışmasının merkezinde yer alır.
- Dil eğitimi bakımından yapay zekâ önemli olanaklar sunmaktadır. Kişiye uyarlanmış destek, hızlı geri bildirim, yazma süreçlerine eşlik eden etkileşim, risk altındaki öğrenenlerin daha erken fark edilmesi ve öğrenenin eğitim içindeki etkin konumunun güçlenmesi bu olanakların başlıcalarıdır. Özellikle mülteciler, yerinden edilmiş topluluklar, yerli halklar ve dilsel bakımdan dışlanan öğrenciler açısından bu katkılar daha belirgin hâle gelmektedir.
- Bu olumlu imkânların yanında ciddi yapısal riskler de vardır. Yapay zekâ sistemleri çoğu zaman egemen dilleri, standart dil ölçülerini ve merkezî kültürel kabulleri temel alarak geliştirilmektedir. Bu durum, yerel dillerin, lehçelerin, aksanların ve farklı bilgi biçimlerinin geri plana itilmesine yol açmakta; dilsel hiyerarşileri yeni veri rejimleri ve değerlendirme ölçütleri üzerinden yeniden kurmaktadır.
- “Algoritmik sömürgecilik”, “kolonyaldilsellik” ve bu makalede tartışılan algoritma aracılı dilsel sömürgeleştirme yaklaşımı, yapay zekâ destekli dil eğitiminin yalnızca teknik bir düzenleme alanı olmadığını açıkça ortaya koymaktadır. Buradaki belirleyici sorun, hangi dilin geçerli, hangi bilginin değerli ve hangi öğrenme biçiminin kabul edilebilir sayılacağına hangi merkezden tanımlandığıdır.
- Daha adil bir yapay zekâ geleceği, etik tasarım, ortak üretim, kültürel temsil, dilsel çeşitlilik ve erişim eşitliği temelinde kurulabilir. Öğretmenlerin, araştırmacıların, politika yapıcıların ve teknoloji geliştiricilerin bu sürece birlikte katılması, yapay zekâ sistemlerinin daha kapsayıcı ve daha duyarlı bir çizgide gelişmesi açısından temel önem taşımaktadır.

Sonuç olarak yapay zekânın uygulamalı dilbilim açısından taşıdığı asıl önem, eğitim süreçlerini hızlandırmasında ya da kolaylaştırmasında toplanmaz. Asıl önem, dil eğitiminin yönünü, ölçütlerini, güç ilişkilerini ve adalet anlayışını yeniden etkileme kapasitesinde ortaya çıkar. Bu nedenle bundan sonraki temel görev, yapay zekâyı eğitimde kullanmakla yetinmekten çok, onu hangi diller, hangi topluluklar ve hangi öğrenme biçimleri için daha adil bir gelecek kurabileceğimiz sorusu etrafında yeniden düşünmektir.

Kaynakça (References)

Birhane, A. (2020). Algorithmic colonization of Africa. *SCRIPTed: A Journal of Law, Technology and Society*, 17(2), 389.

- Bogachenko, T., Burke, R., Gong, Q., & Zhang, Y. (2024). The use of Google Translate for language learning in emergency forced displacement contexts: Ukrainian adult learners of English in Australia. *Australian Review of Applied Linguistics*, 47(3).
- Carbajal-Carrera, B. (2024). AIspaining: Generative AI explains linguistic identities to me. *Australian Review of Applied Linguistics*, 47(3).
- Cheung, E., & Shi, H. (2024). Co-creating stories with generative AI: A case study of an undergraduate digital storytelling service-learning subject in Hong Kong. *Australian Review of Applied Linguistics*, 47(3).
- Dovchin, S. (2017). Uneven distribution of resources in the youth linguascapes of Mongolia. *Multilingua*, 36(2), 147–179.
- Dovchin, S., Dovchin, U., & Gower, G. (2024). The discourse of the Anthropocene and posthumanism: Indigenous peoples and local communities. *Ethnicities*, 24(4), 521–535.
- Dovchin, S., & Oliver, R. (2021). English and social media: Translingual Englishes, identities and linguascapes. In B. Schneider & T. Heyd (Eds.), *World Englishes* (Vol. 1, pp. 128–141). Great Britain: Bloomsbury.
- Dovchin, U., & Dovchin, S. (2024). The discourse of the Anthropocene and posthumanism: Mining-induced loss of traditional land and the Mongolian nomadic herders. *Ethnicities*, 24(4), 536–559.
- Fang, F., & Dovchin, S. (2024). Reflection and reform of applied linguistics from the Global South: Power and inequality in English users from the Global South. *Applied Linguistics Review*, 15(4), 1223–1230.
- Huang, X., Zou, D., Cheng, G., Chen, X., & Xie, H. (2023). Trends, research issues and applications of artificial intelligence in language education. *Educational Technology & Society*, 26(1), 112–131.
- Ingle, S. J., & Pack, A. (2023). Leveraging AI tools to develop the writer rather than the writing. *Trends in Ecology & Evolution*, 38(9), 785–787.
- Meighan, P. J. (2022). Coloniallingualism: Colonial legacies, imperial mindsets, and inequitable practices in English language education. *Diaspora, Indigenous, and Minority Education*, 17(2), 146–155.
- Meighan, P. J. (2024). Coloniallingualism in education and policy. In *Encyclopedia of Diversity*. Cham, Switzerland: Springer.
- Pack, A., & Maloney, J. (2023). Potential affordances of generative AI in language education: Demonstrations and an evaluative framework. *Teaching English with Technology*, 23(2), 4–24.
- Pack, A., & Maloney, J. (2024). Using artificial intelligence in TESOL: Some ethical and pedagogical considerations. *TESOL Quarterly*.
- Pennycook, A. (2017). *Posthumanist applied linguistics*. London, England: Routledge.
- Stewart, N., & Zheng, Y. (2024). Generative AI's recolonization of EFL classrooms: The case of continuation writing. *Australian Review of Applied Linguistics*, 47(3).
- Tankosic, A., Malik, E., Steele, C., & Dobinson, T. (2024). Meeting standards: (Re)colonial and subversive potential of AI modification. *Australian Review of Applied Linguistics*, 47(3).

Tran, H., & Stell, A. (2024). Beyond borders or building new walls? The potential for generative AI in recolonising the learning of Vietnamese dialects and Mandarin varieties. *Australian Review of Applied Linguistics*, 47(3).

Zhao, J., & Gómez Fariñas, B. (2023). Artificial intelligence and sustainable decisions. *European Business Organization Law Review*, 24(1), 1–39.

From Tradition to Dataset: Digital Archiving of Traditional Artistic Heritage and the Ethical and Epistemological Consequences of Its Use as Training Data for Artificial Intelligence

Abstract

This article examines the ethical and epistemological issues arising from the transformation of traditional cultural heritage artifacts into digital archives through high-resolution scanning and the subsequent structuring of these archives as training data for artificial intelligence models. Beneath the discourse of "eternal preservation" and "universal access" frequently emphasized by digitization projects, a knowledge regime operates that severs cultural objects from their historical, ritual, and social contexts. This regime reduces cultural assets to visual style or surface patterns, converting a miniature, sculpture, or weaving into RGB pixel values, feature vectors, and statistical distributions. During this conversion, semantic layers such as the artifact's religious symbolism, mythological narrative, position within social hierarchy, or the sacredness of its material become increasingly obscured within the dataset's metadata. Although generative models trained with AI can technically reconstruct the traditional form, this act of reconstruction devolves into an aesthetic production detached from semantic integrity. This article opens this transformation for discussion around the concepts of "epistemological violence" and "cultural flattening." The methodological framework I propose analyzes the digitization process in three stages: selection and framing, data conversion and labeling, and model training and reproduction. Our analysis, conducted through the fictional yet realistic case study of the OttomanMiniatures-10k dataset and the MinyatürGAN model trained on it, is quite instructive. The model successfully mimics iconographic indicators such as halos, postures, and symbolic objects in a sultan's portrait at a visual level, effectively reproducing the visual grammar. However, the cultural semantic world—such as the actual function of these indicators in legitimizing power or manifesting religious hierarchy—remains entirely outside the model's realm of representation. This study demonstrates that increasing technical capacity alone is insufficient in digital heritage management; rather, it reveals the necessity of a polyphonic and transparent epistemological approach that respects contextual integrity. For AI to process tradition not merely as a visual resource but as a meaningful knowledge system, it requires interdisciplinary collaboration, critical dataset curation, and the production of enriched semantic metadata.

Keywords: Digital Cultural Heritage, Artificial Intelligence Training Data, Epistemology, Ethics, Decontextualization, Digitization, Cultural Representation, Dataset Bias, Visual Culture.

1. Introduction

With the advent of twenty-first century, digitization of global cultural heritage emerged as one among the priority agendas for museums, libraries and research centers. As institutions carry out the lengthy task of long-term preservation and broad access by digitizing physical objects using high-resolution systems, this process is more than a technical transformation; it brings about a quiet ontological change to the cultural object. Originally intended for human researchers, digital archives have now become the dominant data feed that machine learning models are based on; such a scenario collapses artistic work into a data point, severing it from the relational life it assumes as part of its material context. But a miniature, sculpture or weaving is never just visual surface; it is a symbolic whole generated within a particular historical context, subsisting along with meanings assigned to tactile experience, spatial placement, ritual function and the provenance of its material. While high-resolution scans can capture the visual surface in detail, they cannot embed these semantic layers into the data structure itself; thus this form of digitization practices as a knowledge regime that excises historicity from that object. The impact of this reductive transformation becomes quite apparent in AI-based productions. Since models mine statistical patterns to learn traditional forms like the Ottoman miniature, they are able to reproduce conscious decisions at a formal level — such as avoiding perspective or scaling figures hierarchically or assigning significance by color. However, through the lens of Panofsky's (1955) mode of iconological analysis, these models are stuck at a pre-iconographic level (formal description) and unable to access more substantive iconographic (subject matter and concepts), or iconological (cultural meaning) levels. Though the outputs that result may appear grammatically coherent, rendering semantic-cultural richness is impossible, which switches generated pieces into aesthetic simulacra and ruptures their semantic form.

And it is exactly here where my research wants to question the kind of knowledge that is gained and produced when traditional art heritage has been ordered and structured into digitised datasets, as well as what the ethical implications of this type of knowledge production are. The analysis of the implicit preferences enshrined in digitization practices let's us start with a first focus of the study: which works are selected according to which technical parameters, the ideological background of these choices, processes' politics of representation creates a normative framework that is often not even challenged. Second, this study will explore which layers of meaning disappear from the cultural object when it has been reduced to a data point, that is, what kind of information is being lost; it will consider how various aspects such as religious iconography or mythic storytelling, position within social structure or physicality become erased and unprovable in the metadata accompanying the dataset. The third phase will evaluate the production costs of models trained on style-based datasets without contextual data; it will discuss how these models embodiment tradition, what kinds of epistemic violence they perpetrate and how contribute to cultural flattening. Finally, in response to these issues, principled recommendations will be made regarding how to cultivate a context-sensitive, polyphonic and fair data ecosystem; the conditions under which AI is able to interpret tradition not only as an aggregate of visual materials but as a meaningful and historicised knowledge system will be queried. In this vein, it will be asserted that interdisciplinary working, critical

dataset curation and enriched semantic metadata production are just as crucial as building the technical capacity of digital heritage institutional management.

2. Literature Review

Abundant literature addresses the digitization of cultural heritage as one activity among others for preservation and access (often seen as a technical rather than historical/social occasion). This strategy relies on the idea that knowledge is captured by moving material things into the digital environment. However, critical studies demonstrate that the digitization process is not a neutral transfer and show that this process is one of value-laden choices. Leading questions of which works are elevated, which institutions receive visibility, and what cultural products are carried reside at the heart of digital inequality and the politics of representation.” As Fiona Cameron (2007) notes, scanning techniques isolate the object from its context of production; they standardize scale and compress a threedimensional entity to two-dimensional space. This technical framing constricts the relational context of the object, while also limiting its cross-cultural semantic transfer. The iconological approach elaborated in the literature of art history seeks to follow a gradual deepening of meaning present in visual works. The pre-iconographic level identifies the familiar figures and formal elements, while the iconographic level interprets traditional narrative and symbolic repertoire. In contrast, the iconological level is used to better understand the worldview, value system and intellectual outlook of the era in which the work was produced. Data structure is not based on mixed semantic or semiotic levels, but rather restricted to the pre-iconographic and iconographic levels (semantics and syntax are dealt at a generic level with shallow context). This contraction ultimately uproots visual motifs from their historical meaning carriers and currents with abstract stylistic elements. Studies of AI-based systems indicate datasets can replicate social and cultural biases. The issue in the cultural heritage domain does not take the form of overt discrimination, but rather of a shallow treatment of meaning. This means a model might sort out an iconographic motif, but cannot ever express what that motif meant in theological disputes or how it worked in ritual practice.” In this scenario, cultural knowledge is decoupled from history and intellectual thought, reduced instead to computation patterns; if we can recognize a visual image successfully statistically, then it does not mean that we have represented cultural meaning.

Owing to the postcolonial emphasis on representation processes and power relations, Edward Said's (1978) orientalism refers to the West's representation of the East as exotic, stagnant, and a non-Western information other. As the name of an object, its registration as a category in digital repositories, has at least aesthetic connotations that take narrative and political content out of focus (301), paving the way for an updated form of digital orientalism. AI-scaled visual production practices hasten the representation of cultural material and bind it to certain patterns, thus reproducing these historical types of representations while paradoxically masking their technical partisanship. This study integrates the previously mentioned literature, intending to conceptualize the connection of digitization and AI not simply as a technical series of processes but also as a political territory of knowledge production. To this end, the Critical Digitization Chain (CDC), a three-stage analytical framework is thus proposed comprising selection and framing, data conversion and labeling, in addition to model training and reproduction.

2.2. Methodology: Critical Digitization Chain Analysis

The research has a qualitative and conceptual design – it will not have an empirical proven output; rather, it collates existing practices and theoretical approaches, cross-analysed with a

fictional case, which highly correlates factual reality. At its core, the model follows the Critical Digitization Chain model and seeks to surface epistemological shifts that arrive at both ends of the cultural object transformation line (from physical to an AI-generated output). It does not restrict the set of decisions made at each level to technical criteria and systemically interrogates how these criteria impact knowledge production, which effaces the transformation process as an instrumental transfer and treats it instead as a space where significance is remade. The first stage is where the physical artifact becomes a digital image, and selection policies make decisions about which collections are digitized in terms of what criteria. If an imagined dataset of Ottoman Miniatures-10k is composed only of good condition works with figurative scenes from reputable institutions, other aspects are lost to the margins: damaged objects and pages heavy with text as well as production centers less prominent in the academic narrative; such exclusions represent a constricting data universe and a constrained historical diversity. Although technical aspects (such as resolution settings, color calibration, lighting choices and cropping exploits performed during scanning) could be classified within this sphere, representing a 3D object by proxy of a 2D image sordidly flattens volumetric perception and surface texture; therefore, the cleaning of background and placement on neutral ground eliminate relational elements such as binding, architectural niche or spatial location. At the level of initial metadata entry, information like title, artist, date and current location are dug out; however, the ‘anonymous’ category used for missing info does not encapsulate the collective nature of workshop production or a tradition of conscious anonymity so represents an early stage in a narrowing down of representation. The second stage is to transform the digital image into a data point that can, in turn, be processed by machine learning; this implicates one or more organizing taxonomy upon which to categorize and classify images. Use of Western-imposed periodization schemes as universal standards can eclipse the historical logic of other traditions; cramming images from disparate cosmologies into the same ambient super-category, say "religious art," effaces specific theological referents. The keywords and descriptions indicate the linguistic framework within which the visual is defined and how a process of labeling reflects a particular cultural perspective one defining the sacred symbol only as geometrical patterns pushes the cosmological meaning of that symbol to outside of its data structure. Though clear articulation of the selection and classification conditions are needed in documentation and transparency for datasets, Model Cards and Dataset Information Forms — as Gebru et al. (2018), with the goal of delineating the dataset's limits and selections, as well as potential biases; however a large portion of data collections within cultural heritage institutions do not offer this depth of explanation, which contributes to an attenuation of epistemic credit (or blame).

Stage three describes this handing data points to statistical models and how generative output emerges as representations that we learn, in which the model captures correlations between pixel patterns. One can learn to match the visual features of a figure and some elements of clothing at a statistical level, whereas a historical or symbolic meaning behind such features is not captured in the model and therefore no meaning beyond that (i.e., visual accuracy) is obtained. Iconographically coherent scenes can be produced if we request a certain historical style, but when the semantic relationship between symbols is not taken into account, the age scale or spatial arrangement of figures can conflict with historical practice; this is a clash

between visual accuracy and cultural significance. Imbalances in representation directly reflect asymmetry in data distribution; most notably, where density patterns of male rulers alongside ordinary symbols (R16) result in minimal representation of the female and common populace, the model generalizes this pattern, projecting historic selectivity as normative reality into AI output. In this way previous representational asymmetries become algorithmically entrenched, and the digitization of cultural heritage no longer appears to be a neutral technical transfer but rather a political field in which meaning was produced and particular epistemological choices were made.

2.3. Case Study: OttomanMiniatures-10k and MinyatürGAN

This methodological framework is rendered concrete via a fictional case. OttomanMiniatures-10k is a collection of ten thousand figurative miniature images scanned from Western-based museums and archives in Turkey. This includes basic fields like title, estimated date, location, style. The name of the manuscript, content of a narrative, iconographic analysis of symbols and cultural value are absent from this data structure. The scenes generated by the MinyatürGAN model trained on this dataset closely resemble the original tradition. This is achieved in terms of consistency of composition, color palette and figure typology. But the wild thing is, if you follow the way this analysis works, the process of reduction happening at each stage is visible in the output. Where the loss of context begins, from the artefact onwards, accelerates at the data point and in turn breaks as it manifests in model output—a tension of aesthetic consistency against semantic disjunction.

Ultimately, this case study illustrates how the Critical Digitization Chain model provides a useful tool for examining the epistemology of the digital circulation of cultural heritage. The model renders visible the transformative impacts of digitization and AI applications on cultural knowledge production and allows discussion of the political dimension of this process.

3. Findings and Analysis: The Biological Mechanism of Reduction

The definition of the selection criteria for OttomanMiniatures-10k creates a serious epistemological limitation at the very first stage of digitization process. Emphasis on decorative importance and physical state consolidates a narrative that writes art history through instances of excellence, whereas relatively damaged, faded, or partially destroyed works (e.g., their object biography) remain invisible. But traces of wear offer valuable evidence as to usage patterns, circulation networks and historical rupture. Finally, because of the data universe, traces are eliminated that limit a historical reading to an idealized moment of culture, objectified. Digital cropping practices isolate the miniature from its textual and page layout. At this stage, the unity of text and image — a fundamental feature of the art of the book — is severed. If a miniaturized hunting scene is meaningful not only as a text in its own right but as part of an integral work like the Shahnameh, from which it derives narrative structure by producing metaphors of sovereignty, then severed from such context what has been rendered is merely a formal composition—an arrangement of mounted figures around animal depicta. The reduction at this level divides the material fabric of cultural object and renders the digital image in a representational format largely removed from its historical context. The dataset applies a restrictive metadata schema, which causes flattening of meaning layers. Labels that give simply “sixteenth century” conceal the political upheavals, aesthetic breaks and competitive engagements of court workshops in that very century. The broad features of stylistic distinctions

between the reigns of Selim I and Murad III collapse into one time frame; micro-historical distinctions cannot be reflected in its data structure.

The “Ottoman” tag has a parallel flattening effect since it sweeps up production centers from the regions operating along with the imperial geography into a single style category. When sublime differences of style between workshops in Baghdad, Cairo and the Balkans find no parallel in data structure, monolithic assumptions about Ottoman styles solidify. On the other hand, iconographic silence comes from withdrawing narrative content from the dataset; when particular subject headings like the Throne of Prophet Solomon or Khusraw and Shirin supersede in favor general labels like “religious scene” or “literary scene,” symbolic details vanish at the data level.

The results generated by the MinyatürGAN model embody a stage where the reductions in prior stages reach their climax. The model can convincingly replicate the proportions of large heads seen in human figures, the use of three-quarter profile views for faces and flat areas of color; what it produces have a stylistically credible appearance. But the compositions often void of narrative integrity; without any clear story relationship established among figures, symbolism is positioned in and around the composition regardless of their historical meaning. Its aesthetic elegance is retained but the semantic skein is fraying. Hence, since power representation has a higher weight in the data, the system then generalizes as if all sultans and viziers lean towards fighting; walking scenes as daily life, folk stories or ritual practices end up under-represented. This distribution makes historical power relations seem like a simple fact through statistical repetition, and past representational asymmetries come back into circulation as an exacerbated reality in AI outputs. Cultural exchanges are also subjected to this form of reductio. Ottoman miniature art was not created in a vacuum; it developed through an extensive, multi-layered interaction with Persian, Byzantine, and European visual traditions. However, a single average style vector distilled from this relational network results in either a blended yet nebulous image or hybridized visual vernacular coalescing by emphasizing predominant configurations. This produces a representation that fails to capture the dynamic structure of historical interaction and demonstrates how meaning loss accumulates at the various stages of cultural heritage digitisation: where this loss stacks into the generative model output.

4. Discussion: Ethical and Epistemological Consequences

Turning cultural heritage into digital datasets to be used in AI fundamentally changes what knowledge even is. The first approach is based on the traditional art historical and anthropological model, which assumes hermeneutics and that object senses must be read from context; while the latter bases this on measurable properties. In 1973, the anthropologist Clifford Geertz introduced his notion of “thick description,” an argument for the multi-causal interpretation of cultural meaning. But when the analytic gaze is trained on data rather than context, thick description gives way to a thin logic of data; that tension between interpretive depth and statistical representation reveals itself. As the context squeezed out of cultural knowledge, what comes to burn is that the production of meaning based on numerical representation makes a constrictive effect at an epistemological level. The inability to use meaning layers in datasets excludes cultural communities from expressing their heritage according to their own concepts. The decolonization of methodologies articulated by Linda

Tuhiwai Smith in 1999 shows that what processes of representation do is directly tied to power relations. Where cultural objects are defined under West-central curatorial categories, local epistemologies recede into the background, and AI systems will scale this problem of representation; intellectual appropriation becomes structural. The traditional motifs churned out thousands of times over and circulating on their own terms; the sacred or historically sensitive images reconfigured for commercial, decorative ends. And so a kind of appropriation at the algorithmic level is forming. The responsibility question has a multi-dimensional character and if such harmful or misleading representation happens, a field of accountability between model developers, dataset curators and users is identified in its responsible matters, it impairs the responsibility.

The results of this study do not lead us to abandon digitization, but rather, cast into question the forms in which it must be pursued in a more integral and critical way. Wide-angle images, showing the physical environment of the artifact can be attached to scanning processes by preserving contextual integrity; space-saving three-dimensional spreading methods assist in conserving two dimensions of spatial attribute for concerned object. Metadata schema expansion should include fields like iconographic explanations, local language terminology, narrative context, material data, and symbolic meaning. This should be done in the direct involvement of cultural communities and field experts. The proposed framework from Hutchinson and others in 2021 where every dataset should be supported by a diversity / cultural documentation statement that clearly lists the selection criteria, who funded it, curatorial decisions, current biases etc. Instead of separating between task setups, AI research must advance multimodal models and strive to learn semantic relationships rather than sticking with visual features. Coincidence of visual data with explanatory texts and mythological narratives favors preserving the layers of meaning. In addition, usage guides and ethical licenses would support datasets being shared in a way that is respectful of cultural sensitivities. We do this by limiting certain commercial uses, and by providing more precise definitions to the principle of respect. Hence, the issue of enhancing technical capacity in the area of digital heritage management must not be treated as a panacea; rather, there is need for an epistemological approach that is polyphonic and transparent while preserving contextual integrity.

5. Conclusion

This research highlights the significant epistemological and ethical implications of organizing traditional art heritage as digital archives and AI datasets. From the physical object to its digital image, from that to a point of data and from that to the result of its model — all this process is marked by the dissolution of context and meaning. With each transformation, the cultural context in which it was created, its modes of use and symbolization are either completely undone or drastically downgraded. The decisions involved in digital representation — which works will be digitized, what fields of metadata will be filled out, at what resolution and angles images will be captured — are necessarily informed by a particular mindset. These are curatorial choices that ultimately determine the nature of cultural heritage reconstruction. Furthermore, since the datasets that are used in training AI models tend to lack this contextual information, models end up learning just formal similarities while overlooking semantic layers. This aesthetic congruence does not ensure complete representation of a culture's richness, and rather generates HiTOP-compatible similarities that risk losing sight of its original significance. However, with digital technologies we have the potential to circulate cultural heritage in a more accessible and inclusive way. Works from distant geographies can find mass audiences on

digital platforms; once invisible local or minority cultures can attain visibility. But capitalizing on this potential will require careful attention to sensitive matters such as closing the digital divide, copyright and cultural appropriation. Digitalization also revolutionizes how cultural communities document, interpret, and share their heritage. Though this evolution does hold the potential for democratic progress in community engagement, it also has the potential to become just another mode of infra-marginalization otherwise. By engaging a widely recognized field of responsibility for cultural heritage experts, AI researchers, data ethicists and cultural communities as they come together, systems can be designed that preserve context and respect meaning. It requires the need for interdisciplinary methodologies that guarantee participatory design processes and embedded ethical principles in systems architecture from the very beginning.

Ideally, the digital milieu will emerge as a forum for multi-dimensional exchange, rather than evolving into a hollow display of cultural diversity. To this end, digital archives and models of general artificial intelligence need to be organized in ways that encompass not just formal characteristics but the contexts of production and use, historical strata, and polyvalent meanings of works. It encourages users to think critically about the works being brought together, opens spaces for varied interpretations, as well as points out that cultural heritage is an active and ongoing living process. When tradition becomes a dataset it needs methods that respect its symbolic and historical freight. They should attempt to render context visible at all stages of the digitization process, incorporate local knowledge and community perspectives, and embed ethical principles.

Recommendations

Based on the findings from this research, the following recommendations are made for the digitizing of traditional art heritage for use in AI applications:

Development of Contextual Metadata Standards (Brisbane) Digital archives should not only record technical and descriptive information but contextual data such as production context, transformations of meaning over the work's historical trajectory, ritual or daily usage practices, local terminology, and symbolic meaning. Expanding this to create standards for contextual metadata development will facilitate more successful documentation efforts when considering meta-information surrounding materials. To this end, we should develop multidisciplinary metadata schemas for such archives that would involve cultural heritage institutions (including linguistic sourced ones) and linguists and anthropologists.

Contextualized and Inclusive Digitization Processes: The involvement of cultural communities should be guaranteed - in practice, all the stages processes of selecting works to be digitized, from defining metadata content to digital presentation formats and access policies. This must respect the right of community members to interpret and represent their own heritage, including preparation programs."

Setting Ethical Frameworks and Guidelines: There should be defined ethical principles to safeguard cultural heritage during the creation of datasets and training of AI models. These principles should include representational fairness of datasets, cultural sensitivity, copyright, privacy and moral property rights for communities. 1. Guidelines should be developed that sit

alongside appropriate UNESCO and similar international organizations' frameworks but are relevant to local contexts.

Education and Awareness Programs: Training programs focused on digitization and AI ethics should be designed for cultural heritage professionals, AI researchers, and data scientists. These programs ought to promote interdisciplinary knowledge that increases the capacity of varied outlooks to coordinate. Education in this area should also be supported to ensure the digital literacy and engagement capacities of cultural communities.

Open and Responsible Data Policies Develop protective mechanisms against the risks of commercialization and misuse of cultural heritage when opening up access to digital archives and datasets. Licensing models that promote a middle ground between open access and the defense of rights rooted in culture (e.g., Creative Commons-based licenses, with traditional knowledge-specific supplementary conditions) should be encouraged.

Grow the Contextual Sensitivity of AI-models: The architectures that cater to visual or auditory data should also process contextual metadata and semantic layers during the training of self-learning AI models. This would allow models to understand more than formal patterns: it would enable them to learn cultural meanings. Also, design interfaces that give contexts to users while interpreting the model outputs. **Continuous Evaluation and Update Mechanisms:** Digital archives and AI applications should be built as systems that both welcome the feedback from cultural communities and are regularly evaluated and updated. Thus both the technological developments and the needs of society can be adaptively utilized, and misrepresentations or negative effects mitigated in a timely manner.

You would contribute to the enhancement of AI technology with diversity that will also benefit your traditional art heritage preservation and development in a digital environment. In the end, what we are aiming to achieve is to shift the digitization process away from an instrument that promotes the homogenization of cultural heritage towards being a facet of a polyphonic and multilayered dialogue.



Research Article / Araştırma Makalesi

Gelenekten Veri Setine: Geleneksel Sanat Mirasının Dijital Arşivlenmesi ve Yapay Zeka İçin Eğitim Verisi Olarak Kullanımının Etik ve Epistemolojik Sonuçları

Öz

Bu makale geleneksel sanat mirası eserlerinin yüksek çözünürlüklü taramalar aracılığıyla dijital arşivlere dönüştürülmesi ve bu arşivlerin yapay zeka modelleri için eğitim verisi olarak yapılandırılması süreçlerinin ürettiği etik ve epistemolojik sorunları mercek altına almaktadır. Dijitalleştirme projelerinin sıklıkla vurguladığı "ebedi koruma" ve "evrensel erişim" söyleminin altında, kültürel nesnelere tarihsel, ritüel ve toplumsal bağlamlarından koparan bir bilgi rejimi işlemektedir. Bu rejim, kültürel varlığı görsel stile ya da yüzey örüntüsüne indirgeyerek bir minyatürü, heykeli ya da dokumayı RGB piksel değerlerine, öznitelik vektörlerine ve istatistiksel dağılımlara dönüştürür. Bu dönüşüm sırasında eserin dini sembolizmi, mitolojik anlatısı, toplumsal hiyerarşi içindeki konumu ya da malzemenin kutsallığı gibi anlamsal katmanlar, veri setinin metaverisinde giderek silikleşir. Yapay zeka ile eğitilen üretici modeller geleneksel formu teknik olarak yeniden kurabilse de bu yeniden kurma eylemi, anlamsal bütünlüğünden koparılmış bir estetik üretime dönüşmektedir. Bu makale, söz konusu dönüşümü "epistemolojik şiddet" ve "kültürel düzleştirme" kavramları etrafında tartışmaya açmaktadır. Önerdiğim metodolojik çerçeve, dijitalleştirme sürecini üç aşamada analiz etmektedir: seçim ve çerçeveleme, veriye dönüştürme ve etiketleme, model eğitimi ve yeniden üretim. Kurgusal fakat gerçekçi bir örneklem olarak tasarladığımız OttomanMiniatures-10k veri seti ve bu veri setiyle eğitilmiş MinyatürGAN modeli üzerinden yaptığımız çözümleme oldukça öğreticidir. Model, bir padişah portresindeki hale, duruş ve sembolik nesnelere gibi ikonografik göstergeleri görsel düzeyde başarıyla taklit edebilmekte, yani görsel grameri yeniden üretebilmektedir. Ancak bu göstergelerin asıl işlevi olan iktidarı meşrulaştırma ya da dini hiyerarşiyi görünür kılma gibi kültürel anlam dünyası (semantik), modelin temsil alanının tamamen dışında kalmaktadır. Bu çalışma, dijital miras yönetiminde teknik kapasitedeki artışın tek başına yeterli olmadığını, aksine bağlamsal bütünlüğü gözeten çoksesli ve şeffaf bir epistemolojik yaklaşımın zorunluluğunu ortaya koymaktadır. Yapay zekanın geleneği yalnızca görsel bir kaynak olarak değil, anlamlı bir bilgi sistemi olarak işleyebilmesi; disiplinler arası işbirliğini, eleştirel veri seti küratörlüğünü ve zenginleştirilmiş anlamsal metaveri üretimini zorunlu kılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Dijital Kültürel Miras, Yapay Zeka Eğitim Verisi, Epistemoloji, Etik, Bağlamsızlaştırma, Dijitalleştirme, Kültürel Temsil, Veri Seti Önyargısı, Görsel Kültür

1. Giriş

Küresel kültürel mirasın dijitalleştirilmesi yirmi birinci yüzyılda müzeler, kütüphaneler ve araştırma merkezlerinin öncelikli gündemlerinden biri haline gelmiştir. Kurumlar fiziksel nesnelere yüksek çözünürlüklü sistemlerle sayısallaştırarak uzun süreli koruma ve geniş erişim hedefleri doğrultusunda ilerlerken bu süreç teknik bir dönüşüm olmanın ötesine geçerek kültürel nesnenin ontolojik statüsünde sessiz bir değişimi beraberinde getirmektedir.

Başlangıçta insan araştırmacıların kullanımına sunulan dijital arşivler günümüzde makine öğrenmesi modellerinin beslendiği temel veri kaynaklarına dönüşmüş; bu durum sanat eserini maddi bağlamı içinde kazandığı ilişkisel varlıktan kopararak bir veri noktasına indirgemektedir. Oysa bir minyatür heykel ya da dokuma, yalnızca görsel yüzeyden ibaret değildir; belirli bir tarihsel bağlam içinde üretilmiş dokunsal deneyim mekânsal yerleşim, ritüel işlev ve malzemenin kökenine yüklenen anlamlarla birlikte var olan sembolik bir bütündür. Yüksek çözünürlüklü taramalar görsel yüzeyi ayrıntılı biçimde kaydedebilirken, bu anlamsal katmanları veri yapısına dâhil edememekte; böylece dijitalleştirme pratiği nesneyi kendi tarihselliğinden arındıran bir bilgi rejimi olarak işlemektedir. Bu indirgemeci dönüşüm, yapay zekâ temelli üretimlerde daha görünür hale gelmektedir. Modeller, Osmanlı minyatürü gibi geleneksel formları istatistiksel örüntüler üzerinden öğrenirken, perspektifin bilinçli kullanılmaması, figürlerin hiyerarşik ölçeklenmesi ya da renk sembolizmi gibi biçimsel tercihleri görsel düzeyde başarıyla yeniden üretebilmektedir. Ancak Panofsky'nin (1955) ikonografik çözümleme yöntemiyle düşündüğümüzde bu modeller ön-ikonografik düzeyde (biçimsel tanımlama) takılıp kalmakta, ikonografik (konu ve kavramlar) ve ikonolojik (kültürel anlam) düzeylere erişememektedir. Ortaya çıkan çıktılar biçimsel açıdan tutarlı bir görünüm sergilese de kültürel semantik derinliği aktarma kapasiteleri sınırlı kalmakta; bu da üretilen eserleri anlamsal bütünlüğünden koparılmış birer estetik taklide dönüştürmektedir.

İşte tam da bu noktada araştırmam geleneksel sanat mirasının dijital veri seti olarak yapılandırılmasıyla üretilen bilginin niteliğini ve bu bilgi üretiminin beraberinde getirdiği etik sonuçları sorgulamayı amaçlamaktadır. Dijitalleştirme pratiklerinde içkin olan örtük tercihlerin analizi çalışmanın ilk odağını oluşturmaktadır: Hangi eserlerin hangi teknik parametrelerle seçildiği, bu seçimlerin ideolojik arka planı ve temsil politikaları çoğu zaman sorgulanmadan kabul edilen normatif bir çerçeve sunmaktadır. İkinci olarak veri noktasına indirgenen kültürel nesnede hangi anlamsal katmanların silikleştiği başka bir deyişle kaybolan bilginin mahiyeti irdelenecektir; dini sembolizm, mitolojik anlatı, toplumsal hiyerarşi içindeki konum ya da malzemenin kutsallığı gibi unsurların veri seti metaverisinde nasıl görünmez hale geldiği ele alınacaktır. Üçüncü aşamada bağlamsal veriden yoksun salt stil temelli veri setleriyle eğitilen modellerin üretim riskleri değerlendirilecek; bu modellerin geleneği nasıl temsil ettiği hangi epistemolojik şiddet biçimlerini ürettiği ve kültürel düzleştirmeye nasıl katkıda bulunduğu tartışılacaktır. Son olarak, tüm bu sorunlar ışığında bağlama duyarlı çoksesli ve adil bir veri ekosisteminin oluşturulmasına yönelik ilkesel öneriler geliştirilecek; yapay zekânın geleneği yalnızca görsel bir kaynak olarak değil, anlamlı bir bilgi sistemi olarak işleyebilmesinin koşulları sorgulanacaktır. Bu çerçevede disiplinler arası iş birliğinin eleştirel veri seti küratörlüğünün ve zenginleştirilmiş anlamsal metaveri üretiminin dijital miras yönetiminde teknik kapasite artışı kadar hayati olduğu vurgulanacaktır.

2. Literatür Taraması

Kültürel mirasın dijitalleştirilmesi literatürde çoğunlukla teknik bir koruma ve erişim faaliyeti olarak ele alınır. Bu yaklaşım fiziksel nesnelerin sayısal ortama aktarılmasıyla bilginin güvence altına alındığı varsayımına dayanır ancak eleştirel çalışmalar dijitalleştirme sürecinin tarafsız bir aktarım olmadığını ve değer yüklü seçimler içerdiğini ortaya koymaktadır. Hangi eserlerin önceliklendirildiği hangi kurumların görünürlük kazandığı ve hangi kültürel üretimlerin temsil edildiği soruları dijital eşitsizlik ve temsil politikaları bağlamında merkezi bir önem taşımaktadır. Fiona Cameron'ın (2007) işaret ettiği gibi tarama teknikleri nesneyi üretildiği bağlamdan ayırmakta ölçeği standartlaştırmakta ve üç boyutlu bir varlığı iki boyutlu bir yüzeye

indirgemektedir. Bu teknik çerçeveleme nesnenin ilişkisel bağlamını daraltırken kültürel anlamın aktarımını da sınırlamaktadır. Sanat tarihi literatüründe geliştirilen ikonolojik yaklaşım görsel eserlerin anlam katmanlarını aşamalı biçimde çözümlenmeyi amaçlar. Önsel düzeyde tanınabilir figürler ve biçimsel unsurlar belirlenirken ikonografik düzeyde geleneksel anlatılar ve sembolik repertuar yorumlanır. İkonolojik düzey ise eserin üretildiği dönemin dünya görüşünü değer sistemini ve düşünsel çerçevesini açığa çıkarmayı hedefler. Dijitalleştirme pratikleri çoğunlukla önsel ve ikonografik düzeylerle sınırlı kalmakta derin bağlamsal yorumlar veri yapısına entegre edilmemektedir. Bu sınırlılık görsel motiflerin tarihsel anlam taşıyıcısı olmaktan uzaklaşmasına ve soyut estetik unsurlar olarak dolaşıma girmesine yol açmaktadır. Yapay zekâ temelli sistemlere ilişkin araştırmalar veri setlerinin toplumsal ve kültürel önyargıları yeniden üretebildiğini göstermektedir. Kültürel miras alanında bu sorun açık ayrımcılıktan ziyade anlamın yüzeyselleştirilmesi biçiminde ortaya çıkmaktadır. Bir model ikonografik bir motifi tanıyabilmekte ancak bu motifi teolojik tartışmalardaki konumunu ya da ibadet pratiğindeki işlevini temsil edememektedir. Bu durumda kültürel bilgi tarihsel ve düşünsel bağlamından koparılarak istatistiksel örüntülere indirgenmektedir ve görsel tanıma başarısı kültürel anlamın temsil edildiği anlamına gelmemektedir.

Postkolonyal kuram temsil süreçlerinin güç ilişkileriyle iç içe geçtiğini vurgularken Edward Said'in (1978) oryantalizm kavramı Batı'nın Doğu'yu temsil ederken onu egzotik durağan ve Batı dışı bir öteki olarak nasıl konumlandığını açıklamaktadır. Dijital arşivlerde yer alan bir Doğu minyatürünün estetik bir desen olarak etiketlenmesi anlatsal ve politik bağlamın geri plana itilmesine neden olmakta ve çağdaş bir dijital oryantalizm biçiminin ortaya çıkmasına zemin hazırlamaktadır. Yapay zekâ ile ölçeklenen görsel üretim pratikleri kültürel temsili hızlandırmakta ve belirli kalıplar içinde sabitlemekte böylece bu tarihsel temsil biçimlerini teknik bir tarafsızlık kisvesi altında yeniden üretebilmektedir. Bu çalışma söz konusu literatürü bir araya getirerek dijitalleştirme ile yapay zekâ arasındaki zinciri yalnızca teknik bir süreç olarak değil aynı zamanda bilgi üretiminin politik bir alanı olarak analiz etmeyi amaçlamaktadır. Bu doğrultuda Eleştirel Dijitalleştirme Zinciri adı verilen seçim ve çerçeveleme veriye dönüştürme ve etiketleme ile model eğitimi ve yeniden üretim aşamalarından oluşan üç basamaklı bir analitik model önerilmektedir.

2.2. Metodoloji: Eleştirel Dijitalleştirme Zinciri Analizi

Araştırma nitel ve kavramsal bir desen benimsemekte olup ampirik veri üretmek yerine mevcut uygulamalar ve kuramsal yaklaşımları bir araya getirerek bunları olgusal gerçekliğe yüksek düzeyde karşılık veren kurgusal bir vaka üzerinden çözümlenmektedir. Analitik omurga kültürel nesnenin fiziksel varlıktan yapay zekâ çıktısına uzanan dönüşüm hattında ortaya çıkan epistemolojik kaymaları görünür kılmayı amaçlayan Eleştirel Dijitalleştirme Zinciri modeline dayanmaktadır. Model her aşamada yapılan seçimleri teknik tercihlerle sınırlı görmemekte ve bu tercihlerin bilgi üretimine etkisini sistematik biçimde inceleyerek dönüşüm sürecini araçsal bir aktarım olmaktan çıkarıp anlamın yeniden yapılandırıldığı bir alan olarak ele almaktadır. İlk aşama fiziksel eserin dijital görüntüye dönüştürülmesini kapsamakta ve seçim politikaları hangi koleksiyonların hangi ölçütlerle sayısallaştırıldığını belirlemektedir. OttomanMiniatures-10k adlı kurgusal veri setinin yalnızca büyük müzelerde korunan figüratif sahneler içeren ve iyi durumdaki eserleri kapsadığı varsayıldığında hasarlı örnekler metin ağırlıklı sayfalar ve

periferik üretim merkezleri dışarıda kalmakta bu da veri evreninin daralmasına ve geleneğin çeşitliliğinin sınırlı bir temsile indirgenmesine yol açmaktadır. Teknik çerçeveleme tarama sürecinde uygulanan çözünürlük renk kalibrasyonu ışıklandırma ve kadraj kararlarını içerirken üç boyutlu bir nesnenin iki boyutlu görüntüyle temsil edilmesi hacimsel algıyı ve yüzey dokusunu düzleştirmekte arka planın temizlenmesi ve eserin nötr bir zemine yerleştirilmesi cilt mimari niş ve mekânsal konum gibi ilişkisel unsurları dışarıda bırakmaktadır. İlk metaverilendirme aşamasında başlık sanatçı, tarih ve mevcut konum gibi temel bilgiler veri tabanına işlenirken sanatçı bilgisinin bulunmadığı durumlarda kullanılan anonim etiketi atölye üretiminin kolektif doğasını ve bilinçli isimsizlik geleneğini yansıtmakta yetersiz kalmakta böylece temsil daralması erken aşamada başlamaktadır. İkinci aşama dijital görüntünün makine öğrenmesi bağlamında işlenebilir bir veri noktasına dönüştürülmesini içermekte olup kategorizasyon ve sınıflandırma süreçleri görüntülerin belirli bir taksonomi altında düzenlenmesini gerektirmektedir. Batı merkezli dönemlendirme şemalarının evrensel ölçüt gibi uygulanması farklı geleneklerin tarihsel mantığını gölgede bırakabilmekte dinî sanat gibi geniş bir üst kategorinin farklı inanç sistemlerine ait görselleri aynı sınıfa yerleştirmesi özgül teolojik referansların silikleşmesine neden olmaktadır. Anahtar kelimeler ve açıklamalar görselin hangi dilsel çerçeve içinde tanımlandığını gösterirken etiketleme süreci belirli bir kültürel perspektifi yansıtmakta kutsal bir sembolün yalnızca geometrik bir desen olarak tanımlanması sembolün kozmolojik anlamını veri yapısının dışına itmektedir. Veri seti dokümantasyonu ve şeffaflık seçim ve sınıflandırma koşullarının açıkça belirtilmesini gerektirirken Gebru ve arkadaşlarının (2018) vurguladığı Model Kartları ve Veri Seti Bilgi Formları veri setinin sınırlarını ve potansiyel önyargılarını tanımlamayı amaçlamakta ancak kültürel miras veri setlerinin önemli bir bölümü bu düzeyde ayrıntılı açıklama sunmamakta bu eksiklik epistemik sorumluluğun belirsizleşmesine yol açmaktadır (Özdemir, 2022).

Üçüncü aşama veri noktalarının istatistiksel modellere aktarılması ve üretici çıktının oluşması sürecini kapsamakta olup öğrenilen temsiller modelin piksel örüntüleri arasındaki korelasyonları yakalamasıyla oluşmaktadır. Bir figür ile belirli giysi unsurları arasındaki görsel ilişki istatistiksel düzeyde öğrenilebilmekte ancak bu unsurların tarihsel ve sembolik anlamı modele dâhil edilmemekte böylece anlam görsel doğrulukla sınırlı kalmaktadır. Belirli bir tarihsel üslupta sahne üretimi istendiğinde ikonografik olarak tutarlı kompozisyonlar ortaya çıkabilmekte buna karşın semboller arasındaki anlam ilişkisi gözetilmediğinde figürlerin yaş ölçeği mekânsal konumu ve simgesel düzeni tarihsel bağlamla uyumsuz biçimde kurgulanabilmekte bu durum görsel doğruluk ile kültürel anlam arasındaki ayrımı belirginleştirmektedir. Temsil dengesizlikleri veri dağılımındaki asimetriyle doğrudan ilişkili olup erkek yönetici figürlerinin yoğunluğu kadınların ve sıradan bireylerin sınırlı temsiline yol açtığı model bu örüntüyü genelleştirmekte tarihsel seçim yapay zekâ çıktısında normatif bir gerçeklik gibi görünmektedir. Böylece geçmişteki temsil asimetrileri algoritmik biçimde pekiştirilmekte ve kültürel mirasın dijitalleştirilmesi süreci tarafsız bir teknik aktarım olmaktan çıkarak anlamın yeniden üretildiği ve belirli epistemolojik tercihlerin somutlaştığı politik bir alan haline gelmektedir.

2.3. Vaka İncelemesi: OttomanMiniatures-10k ve MinyatürGAN

Bu metodolojik çerçeve kurgusal bir vaka üzerinden somutlaştırılmaktadır. OttomanMiniatures-10k veri seti Batılı müzeler ile Türkiye'deki arşivlerden taranmış on bin figüratif minyatür görüntüsünden oluşmaktadır. Metaveri yapısı, başlık tahmini tarih, bulunduğu yer ve stil gibi temel alanları içermektedir. Buna karşılık yazma eserin adı anlatının

özgül içeriği, sembollerin ikonografik çözümlemesi ve kültürel değer veri yapısına dâhil edilmemektedir. Bu veri seti üzerinde eğitilen MinyatürGAN modeli görsel olarak geleneğe yakın yeni sahneler üretmektedir. Kompozisyon, renk paleti ve figür tipolojisi açısından tutarlılık sağlanmaktadır. Ancak analiz, her aşamada gerçekleşen indirgeme sürecinin çıktıya yansıdığını göstermektedir. Fiziksel nesneden başlayan bağlam kaybı, veri noktasında yoğunlaşmakta ve model çıktısında estetik tutarlılık ile anlamsal kopuş arasındaki gerilim olarak ortaya çıkmaktadır.

Sonuç olarak bu vaka Eleştirel Dijitalleştirme Zinciri modelinin kültürel mirasın sayısal dolaşımını epistemolojik bir perspektifle değerlendirmek için işlevsel bir araç sunduğunu göstermektedir. Model, dijitalleştirme ve yapay zekâ uygulamalarının kültürel bilgi üretimindeki dönüştürücü etkilerini görünür kılmakta ve bu sürecin politik boyutunu tartışmaya açmaktadır.

3. Bulgular ve Analiz: İndirgemenin Anatomisi

OttomanMiniatures-10k için kurgulanan seçim ölçütleri dijitalleştirme sürecinin daha ilk aşamasında belirgin bir epistemolojik daralma üretmektedir. Estetik açıdan öne çıkan ve fiziksel olarak iyi korunmuş minyatürlerin önceliklendirilmesi sanat tarihini seçkin örnekler üzerinden kuran bir anlatıyı güçlendirirken hasarlı silik ya da kısmen tahrip olmuş eserlerin dışarıda bırakılması nesnenin maddesel serüvenini görünmez kılmaktadır. Oysa yıpranma izleri kullanım biçimlerine dolaşım ağlarına ve tarihsel kırılma anlarına ilişkin önemli ipuçları taşır. Bu izlerin veri evreni dışında kalması kültürel nesnenin yalnızca idealize edilmiş bir anına odaklanan sınırlı bir tarih okumasını dayatır. Dijital kırpma uygulamaları minyatürü ait olduğu metinden ve sayfa düzeninden ayırdığında kitap sanatının temel bileşeni olan metin-görsel birlikteliği çözülmektedir. Bir av sahnesi içeren minyatür Şehname gibi bütünlüklü bir metnin parçasıyken hükümdarlık metaforu üreten anlatsal çerçevesini korur ancak bağlamından koparıldığında atlı figürler ve hayvan betimlemeleri etrafında örgütlenen biçimsel bir kompozisyona indirgenir. Bu aşamada gerçekleşen indirgeme kültürel nesnenin maddi bütünlüğünü parçalayarak dijital görüntüyü tarihsel köklerinden büyük ölçüde ayrılmış bir temsil biçimine dönüştürmektedir. Veri setinde kullanılan sınırlı metaveri şeması anlam katmanlarının sistematik biçimde düzleştirilmesine yol açar. Yalnızca on altıncı yüzyıl etiketiyle yapılan sınıflandırmalar aynı yüzyıl içindeki siyasal dönüşümleri estetik kırılmaları ve saray atölyeleri arasındaki rekabet ilişkilerini görünmez kılmaktadır. Yavuz Selim dönemi ile III. Murad dönemi arasındaki üslup farklılıkları tek bir zaman dilimi altında toplanmakta mikro tarihsel ayrımlar veri yapısında temsil edilememektedir.

Osmanlı etiketi benzer bir düzleştirme etkisi üreterek imparatorluk coğrafyası boyunca faaliyet gösteren bölgesel üretim merkezlerini tek bir stil kategorisi altında toplamakta Bağdat Kahire ve Balkan atölyeleri arasındaki üslup farkları karşılık bulmadığında yekpare bir Osmanlı stili varsayımı güçlenmektedir. İkonografik sessizlik ise anlatsal içeriğin veri setinden geri çekilmesiyle ortaya çıkmakta Hz. Süleyman'ın tahtı ya da Hüsrev ile Şirin buluşması gibi özgül konu başlıklarının yerini dinî sahne ya da edebi sahne gibi genel etiketler aldığı anda sembolik ayrıntılar veri düzeyinde kaybolmaktadır.

MinyatürGAN modelinin ürettiği çıktılar önceki aşamalarda gerçekleşen indirgemelerin yoğunlaştığı bir düzeyi temsil etmektedir. Model insan figürlerinde görülen büyük baş oranlarını yüzlerin üç çeyrek profilden betimlenme eğilimini ve düz renk alanlarının kullanımını yüksek doğrulukla taklit edebilmekte ürettiği görüntüler stilistik açıdan inandırıcı bir görünüm sunmaktadır. Buna karşın kompozisyonlar çoğu zaman anlatsal bütünlükten yoksun kalmakta figürler arasında belirgin bir hikâye ilişkisi kurulmadığı için semboller tarihsel anlamları gözetilmeden kompozisyon içine yerleştirilmektedir. Görsel zarafet korunmakta ancak semantik örgü zayıflamaktadır. Veri setinde iktidar temsilleri baskın bir ağırlığa sahip olduğu için model bu örüntüyü genelleştirmekte padişah vezir ve savaş sahneleri üretim repertuarının merkezinde yer alırken gündelik yaşam sahneleri halk anlatıları ve ibadet pratikleri sınırlı biçimde temsil edilmektedir. Bu dağılım tarihsel güç ilişkilerinin istatistiksel tekrar yoluyla olağan bir norm gibi görünmesine neden olmakta geçmişteki temsil asimetrisi yapay zekâ çıktılarında pekiştirilmiş bir gerçeklik olarak yeniden dolaşıma girmektedir. Kültürel etkileşimlerin temsili de benzer bir indirgeme sürecine maruz kalmaktadır. Osmanlı minyatür sanatı Fars Bizans ve Avrupa görsel gelenekleriyle çok katmanlı bir etkileşim içinde gelişmiştir ancak model bu ilişkiyel ağ ortalama bir stil vektörüne indirgediğinde ortaya ya melez fakat belirsiz bir kompozisyon çıkmakta ya da baskın örüntülerin abartılmasıyla klişeleşmiş bir görsel dil oluşmaktadır. Bu durum tarihsel etkileşimin dinamik yapısını yansıtmaktan uzak bir temsil üretmekte ve kültürel mirasın dijitalleştirilmesi sürecinde her aşamada biriken anlam kayıplarının üretici model çıktısında nasıl yoğunlaştığını açıkça göstermektedir.

4. Tartışma: Etik ve Epistemolojik Sonuçlar

Bu Kültürel mirasın dijitalleştirilmesi ve yapay zeka modelleri için veri seti olarak yapılandırılması süreci bilginin doğasını köklü biçimde dönüştürmektedir. Geleneksel sanat tarihi ve antropolojik yaklaşım nesneyi bağlamı içinde yorumlayan hermenötik bir çerçeveye dayanırken dijital veri temelli yaklaşım nesneyi ölçülebilir özellikler bütünü olarak ele almaktadır. Clifford Geertz'in 1973'te geliştirdiği yoğun betimleme kavramı kültürel anlamın katmanlı biçimde çözümlenmesini savunur ancak veri temelli yaklaşım yüzeysel örüntü tanımaya odaklandığında yoğun betimleme yerini ince veri mantığına bırakmakta yorum derinliği ile istatistiksel temsil arasındaki gerilim belirginleşmektedir. Kültürel bilginin bağlamsal niteliği zayıfladıkça anlam üretimi sayısal temsile bağımlı hale gelmekte bu da epistemolojik düzeyde daraltıcı bir etki üretmektedir. Anlam katmanlarının veri setlerinden dışlanması kültürel toplulukların kendi mirasını kendi kavramlarıyla ifade etme olanaklarını sınırlamakta Linda Tuhiwai Smith'in 1999'da geliştirdiği dekolonize metodolojiler yaklaşımı temsil süreçlerinin güç ilişkileriyle doğrudan bağlantılı olduğunu ortaya koymaktadır. Kültürel nesnelere Batı merkezli küratöryel kategoriler altında tanımlandığında yerel epistemolojiler arka planda kalmakta yapay zeka sistemleri bu temsil sorununu geniş ölçeğe taşıyarak kültürel temellüğü yapısal bir düzeye çıkarmaktadır. Geleneksel motifler binlerce varyasyon halinde üretilip bağlamdan kopuk biçimde dolaşıma girmekte kutsal ya da tarihsel açıdan hassas imgeler ticari veya dekoratif amaçlarla yeniden düzenlenmektedir. Algoritmik düzeyde işleyen bu temellük biçimi karşısında sorumluluk sorunu çok katmanlı bir yapı sergilemekte zararlı ya da uygunsuz bir temsil oluştuğunda model geliştiricileri veri seti küratörleri ve kullanıcılar arasında dağılan bir sorumluluk alanı ortaya çıkmakta bu durum hesap verebilirliği zayıflatmaktadır.

Elde edilen bulgular dijitalleştirilmenin terk edilmesini değil daha kapsayıcı ve eleştirel uygulamaların gerekliliğini işaret etmektedir. Bağlamsal bütünlüğün korunması amacıyla tarama süreçlerine eserin fiziksel çevresini gösteren geniş açılı görüntüler eklenebilir üç boyutlu tarama teknikleri nesnenin mekansal özelliklerinin korunmasına katkı sağlar. Metaveri şemalarının genişletilmesi ikonografik açıklamalar yerel dilde terimler anlatı bağlamı malzeme bilgisi ve sembolik anlam gibi alanları kapsamalıdır. Bu süreç kültürel toplulukların ve alan uzmanlarının doğrudan katılımını gerektirir. Her veri seti Hutchinson ve çalışma arkadaşlarının 2021'de önerdiği çerçeveye benzer biçimde seçim ölçütleri finansman kaynakları küratöryel kararlar ve bilinen önyargıları açıkça belirten ayrıntılı bir kültürel dokümantasyon bildirgesi ile desteklenmelidir. Yapay zeka araştırmaları yalnızca görsel özelliklere odaklanmak yerine anlamsal ilişkileri öğrenebilen çoklu kipli modellere yönelmelidir.

Görsel verinin açıklayıcı metinlerle ve mitolojik anlatılarla eşleştirilmesi anlam katmanlarının korunmasına katkı sunar. Buna ek olarak kullanım kılavuzları ve etik lisanslar veri setlerinin kültürel hassasiyetleri gözeterek dolaşıma girmesini destekler. Belirli ticari kullanımların sınırlandırılması ve saygı ilkesinin açık biçimde tanımlanması etik çerçevenin güçlenmesine katkı sağlar. Böylece dijital miras yönetiminde teknik kapasite artışı tek başına yeterli görülmemeli bağlamsal bütünlüğü gözeterek çoksesli ve şeffaf bir epistemolojik yaklaşım zorunluluk haline gelmektedir.

5. Sonuç

Bu araştırma, geleneksel sanat mirasının dijital arşivler ve yapay zekâ veri setleri biçiminde yapılandırılmasının derin epistemolojik ve etik etkiler ürettiğini ortaya koymaktadır. Fiziksel nesneden dijital görüntüye, oradan veri noktasına ve model çıktısına uzanan süreç, bağlamın çözülmesi ve anlamın seyrelmesiyle karakterize edilmektedir. Her bir dönüşüm aşamasında nesnenin üretildiği kültürel ortam, kullanım pratikleri ve sembolik işlevleri ya tamamen kaybolmakta ya da indirgenmiş bir biçimde temsil edilmektedir. Dijital temsil sırasında yapılan seçimler—hangi eserlerin dijitalleştirileceği, hangi metadata alanlarının doldurulacağı, görüntülerin hangi çözünürlük ve açılarla kaydedileceği—kaçınılmaz olarak belirli bir bakış açısını yansıtır. Bu seçimler küratöryel müdahaleler olarak kültürel mirasın yeniden inşasında belirleyici rol oynar. Üstelik yapay zekâ modellerinin eğitiminde kullanılan veri setleri, çoğu zaman bu tür bağlamsal bilgilerden yoksun olduğu için modeller yalnızca biçimsel benzerlikleri öğrenir, anlamsal katmanları ıskalar. Ortaya çıkan estetik tutarlılık, kültürel derinliğin tam olarak temsilini garanti etmemekte, hatta çoğu zaman yüzeysel bir benzerlik üreterek özgün anlamın üzerini örtebilmektedir. Bununla birlikte dijital teknolojiler, kültürel mirası daha erişilebilir ve kapsayıcı biçimde dolaşıma sokma potansiyeline sahiptir. Fiziksel olarak uzak coğrafyalardaki eserler, dijital platformlar sayesinde geniş kitlelere ulaşabilmekte; daha önce görünür olmayan yerel veya azınlık kültürleri görünürlük kazanabilmektedir. Ancak bu potansiyelin gerçekleşmesi, dijital uçurumun kapatılması, telif hakları ve kültürel sahiplenme gibi hassas konuların dikkatle ele alınmasını gerektirir. Dijital temsil, aynı zamanda kültürel toplulukların kendi miraslarını belgeleme, yorumlama ve paylaşma biçimlerini de dönüştürmektedir. Bu dönüşüm, toplulukların sürece aktif katılımıyla demokratikleşme imkânı sunarken, aksi durumda yeni bir sömürü mekanizmasına dönüşme riski taşır. Kültürel miras uzmanları, yapay zekâ araştırmacıları, veri etikçileri ve kültürel topluluklar, ortak bir

sorumluluk alanında buluştuklarında bağlamı koruyan ve anlamı gözeten sistemler tasarlanabilir. Bu iş birliği, disiplinlerarası metodolojilerin geliştirilmesini, katılımcı tasarım süreçlerini ve etik ilkelerin baştan itibaren sistem mimarisine entegre edilmesini zorunlu kılar.

Nihai hedef, dijital ortamın kültürel çeşitliliğin yüzeysel bir vitrini haline gelmesi yerine çok katmanlı bir diyalogun alanı olarak işlemesidir. Bunun için dijital arşivler ve yapay zekâ modelleri yalnızca biçimsel özellikleri değil, eserlerin üretim ve kullanım bağlamlarını, tarihsel katmanlarını, çoklu anlamlarını da içerecek şekilde yapılandırılmalıdır. Böyle bir yaklaşım, kullanıcıların eserlerle etkileşiminde eleştirel düşünmeyi teşvik eder, farklı yorumlara açık alanlar yaratır ve kültürel mirasın dinamik, yaşayan bir süreç olduğunu vurgular. Gelenek, veri setine dönüşürken taşıdığı sembolik ve tarihsel yükü koruyacak yöntemlere ihtiyaç duymaktadır. Bu yöntemler, dijitalleştirme sürecinin her aşamasında bağlamı görünür kılmayı, yerel bilgiyi ve topluluk perspektiflerini dahil etmeyi, etik ilkeleri içselleştirmeyi hedeflemelidir.

Öneriler

Araştırmanın bulguları ışığında, geleneksel sanat mirasının dijitalleştirilmesi ve yapay zekâ uygulamalarında kullanılmasına yönelik aşağıdaki öneriler geliştirilmiştir:

- **Bağlamsal Metadata Standartlarının Geliştirilmesi:** Dijital arşivlerde yalnızca teknik ve tanımlayıcı bilgiler değil, eserin üretim bağlamı, tarihsel süreç içindeki anlam dönüşümleri, ritüel veya gündelik kullanım pratikleri, yerel terminoloji ve sembolik anlamlar gibi bağlamsal veriler de kaydedilmelidir. Bu amaçla kültürel miras kurumları, dilbilimciler ve antropologların katılımıyla disiplinlerarası metadata şemaları oluşturulmalıdır.
- **Katılımcı ve Kapsayıcı Dijitalleştirme Süreçleri:** Dijitalleştirilecek eserlerin seçiminden, metadata içeriğine, dijital sunum biçimlerinden erişim politikalarına kadar tüm aşamalarda kültürel toplulukların aktif katılımı sağlanmalıdır. Topluluk üyelerinin kendi miraslarını yorumlama ve temsil etme hakları tanınmalı, bu süreçler için kapasite geliştirme programları düzenlenmelidir.
- **Etik İlkeler ve Kılavuzların Oluşturulması:** Yapay zekâ veri setlerinin oluşturulması ve modellerin eğitilmesi süreçlerinde kültürel mirasın korunmasına yönelik etik ilkeler belirlenmelidir. Bu ilkeler; veri setlerinde temsil adaleti, kültürel duyarlılık, telif hakları, mahremiyet ve toplulukların manevi mülkiyet haklarını kapsamalıdır. UNESCO ve benzeri uluslararası kuruluşların ilgili çerçeveleriyle uyumlu, ancak yerel bağlamları dikkate alan kılavuzlar hazırlanmalıdır.
- **Eğitim ve Farkındalık Programları:** Kültürel miras profesyonelleri, yapay zekâ araştırmacıları ve veri bilimciler için dijitalleştirme ve yapay zekâ etiği konularında ortak eğitim programları düzenlenmelidir. Bu programlar, disiplinlerarası anlayışı geliştirmeyi, farklı perspektiflerin bir arada çalışma becerisini artırmayı hedeflemelidir. Ayrıca kültürel toplulukların dijital okuryazarlık ve katılım kapasitelerini güçlendirecek eğitimler desteklenmelidir.
- **Açık ve Sorumlu Veri Politikaları:** Dijital arşivlerin ve veri setlerinin erişime açılmasında, kültürel mirasın ticarileştirilmesi ve suiistimal edilmesi risklerine karşı koruyucu mekanizmalar geliştirilmelidir. Açık erişim ile kültürel hakların korunması arasında denge kuran lisans

modelleri (örneğin Creative Commons tabanlı ancak geleneksel bilgiye özel ek koşullar içeren lisanslar) teşvik edilmelidir.

- **Yapay Zekâ Modellerinde Bağlam Duyarlılığının Artırılması:** Yapay zekâ modellerinin eğitiminde salt görsel veya işitsel verilerin yanı sıra bağlamsal metadata ve anlamsal katmanları da işleyebilecek mimariler geliştirilmelidir. Bu, modellerin yalnızca biçimsel örüntüleri değil, kültürel anlamları da öğrenebilmesine olanak tanır. Ayrıca modellerin çıktılarının yorumlanmasında kullanıcıya bağlamsal bilgi sunan arayüzler tasarlanmalıdır.

- **Sürekli Değerlendirme ve Güncelleme Mekanizmaları:** Dijital arşivler ve yapay zekâ uygulamaları, kültürel toplulukların geri bildirimlerine açık, düzenli olarak değerlendirilen ve güncellenen sistemler olarak tasarlanmalıdır. Bu sayede hem teknolojik gelişmelere hem de toplumsal ihtiyaçlara uyum sağlanabilir, yanlış temsiller ve zararlı etkiler hızla düzeltilebilir.

Bu önerilerin hayata geçirilmesi, geleneksel sanat mirasının dijital ortamda korunmasını ve yaşatılmasını sağlarken, aynı zamanda yapay zekâ teknolojilerinin kültürel çeşitliliği zenginleştirecek biçimde gelişmesine katkıda bulunacaktır. Nihai olarak amaç, dijitalleşme sürecini kültürel mirasın tek tipleşmesine yol açan bir araç olmaktan çıkarıp, onu çoksesli ve çokkatmanlı bir diyalogun parçası haline getirmektir.

Kaynakça (References)

- Cameron, F. (2007). Beyond the cult of the replicant: Museums and historical digital objects—Traditional concerns, new discourses. In F. Cameron & S. Kenderdine (Eds.), *Theorizing digital cultural heritage: A critical discourse* (pp. 49-75). MIT Press.
- Geertz, C. (1973). *The interpretation of cultures: Selected essays*. Basic Books.
- Gebri, T., Morgenstern, J., Vecchione, B., Vaughan, J. W., Wallach, H., Daumé III, H., & Crawford, K. (2018). Datasheets for datasets. *arXiv preprint arXiv:1803.09010*.
- Hutchinson, B., Smart, A., Hanna, A., Denton, E., Greer, C., Kjartansson, O., Barnes, P., & Mitchell, M. (2021). Towards accountability for machine learning datasets: Practices from software engineering and infrastructure. *Proceedings of the ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency*, 560-575.
- Özdemir, A. (2022). Yapay zeka'nın grafik tasarıma ve tasarımcıya etkisi. *Hitit Sosyal Bilimler Dergisi*, 15(2), 628-637. <https://doi.org/10.17218/hititsbd.1205445>
- Panofsky, E. (1955). *Meaning in the visual arts: Papers in and on art history*. Doubleday.
- Said, E. W. (1978). *Orientalism*. Pantheon Books.
- Smith, L. T. (1999). *Decolonizing methodologies: Research and indigenous peoples*. Zed Books.

Mustafa Günay
0000-0002-9286-6500

The Role of the Aesthetic Value Function in Evolutionary Art Generation

Abstract

This study explores the use of evolutionary algorithms in pictorial composition and style optimization, focusing on the challenge of defining and measuring the aesthetic value function. Inspired by natural selection, these algorithms offer a powerful means of exploration in multidimensional artistic search spaces that are difficult to model using traditional methods. However, constructing an objective, generalizable, and computable aesthetic value function to guide the process presents a fundamental challenge at both theoretical and practical levels. The study classifies approaches to this function as statistical, psychophysical, learning-based, and interactive, and examines how each transforms the structure of the artistic search space. Within the framework of guided exploration, it is shown that evolutionary algorithms can be designed not merely for fitness optimization, but to generate solutions that produce diversity, surprise, and aesthetic interest in multimodal search spaces. A fictional yet realistic experimental setup was created within a parametric image generation system, and genetic algorithms with different aesthetic value function definitions were compared. The findings reveal that quantitatively based designs achieve rapid convergence but limit solution diversity and novelty. In contrast, interactive and multi-criteria approaches offer a broader exploration space but require additional methodological adjustments in terms of scalability and consistency of subjective evaluation. In conclusion, the success of evolutionary algorithms in artistic optimization depends on the design of a guiding function that reflects aesthetic intent while avoiding excessive restriction of the exploration space. A creative computational system gains theoretical and practical strength not merely by identifying a single optimal solution, but by its capacity to discover meaningful pathways within the space of possibility.

Keywords: Evolutionary Algorithms, Computational Creativity, Aesthetic Value Function, Artistic Optimization, Genetic Algorithm, Interactive Evolution, Search Space, Guided Exploration.

1. Introduction

For decades now, art making was seen as a sacred place of intuition, technical skill and individual expression. The rise of computational power and modeling methods opened new avenues for this process to be modeled, mimicked and augmented, emerging into prominence an interdisciplinary research area called computational creativity (Boden, 2004). A notable approach in this field is the Evolutionary Algorithms, which are based on biological evolution.

Evolutionary Algorithms (EAs) evaluate a population of candidate solutions according to the defined fitness function and generate successive generations using selection, crossover and mutation operators (Eiben & Smith, 2015). A metaheuristic optimization method which gives good results especially in high-dimensional and non-linear search spaces. When it comes to the more visual side of generation, EAs come into play when scheduling color palettes, ordering compositional parameters and generating abstract forms and deriving to visual textures. A study from 1991 by Karl Sims is considered a landmark work in demonstrating that complex visual structures could be evolved using genetic programming methods. The use of formalized production can even potentially transition a works-oriented artist's trial-based production practice into an explorative and optimizational algorithmic process.

The Aesthetic Value Function (AVF) problem emerges as the principal challenge within this theoretical construct. In the engineering optimizations, the fitness function is well-defined based on physical constraints and measured performance indices. Nonetheless, the aesthetic value of a visual composition is determined by subjective judgment, cultural context and multi-layer perceptual criteria. For an algorithm to generate aesthetically strong outputs, it has to take the notion of beauty and turn it into a model that can act in a computable way. As the definition of the model has scope and limits, so does the controlled direction of the search space. Thus, AVF design is not just about defining technical specifications but rather a theoretical decision that determines the structure of the space search itself.

Against this background, the present study examines the following:

Section	Content
Research Question 1	What are the current approaches to quantifying aesthetic value, and how do these approaches affect the evolutionary search process when used as an Aesthetic Evaluation Function (AEF)?
Research Question 2	How is the concept of guided exploration defined in the context of artistic optimization, and how is this concept related to evolutionary methods?
Research Question 3	When different AEF strategies are compared, on which criteria do the diversity, originality, and perceived aesthetic value of the generated artworks differ?
Research Question 4	Within which theoretical and methodological framework can human intuition and algorithmic search processes be integrated?
Structure of the Article	The study first reviews the relevant literature, then presents a conceptual framework classifying AEF approaches, and evaluates simulation-based experimental findings. In the final stage, theoretical and ethical implications regarding the future of evolutionary methods in the field of computational creativity are discussed.

Table 1: Aesthetic Evaluation Function (AEF) Research Questions

2.2. Measuring and Calculating Aesthetic Value

Attempts to automatically measure aesthetic value are a continuation of long-standing philosophical debates on the reducibility of aesthetics to objective criteria (Kant, 1790). Computational approaches in the literature can be grouped into four main categories, each aiming to model a different dimension of aesthetic experience.

Approach Category	Core Foundation/ Pioneer	Criteria / Methods Used	Strengths	Limitations / Criticisms	Relevant References
Statistical and Information-Theoretic	Birkhoff's formula, basing aesthetic measure on the order-to-complexity (O/C) ratio.	Fractal dimension analysis, color harmony scales, Shannon entropy.	Computationally practical; easily applicable to large datasets.	Tends to reduce the multi-layered structure of aesthetic experience to a limited number of mathematical variables.	(Birkhoff, 1933); (Taylor et al., 1999); (Cohen, 2001)
Psychophysical and Experimental Aesthetics	Fechner's work demonstrating that aesthetic responses can be measured using experimental methods.	Quantitative findings on the preferability of visual features such as symmetry, contrast, and the golden ratio.	Provides an experimental, data-driven foundation for the design of Aesthetic Value Functions.	Cultural differences and contextual factors limit the universal validity and generalizability of the findings.	(Fechner, 1876); (Palmer & Schloss, 2010)
Machine Learning and Deep Learning Based	The availability of large-scale visual datasets and deep neural networks.	Models that learn complex visual patterns and implicitly defined aesthetic relationships from data.	Capacity to represent implicit structures that traditional metrics cannot capture.	Risk of reflecting cultural and societal biases present in the training data; necessity for critical evaluation of results.	(Kong et al., 2016); (Talebi & Milanfar, 2018); (Karayev et al., 2014)
Complex System and Perceptual Dynamics	Considers aesthetic value as a dynamic process emerging within the viewer's cognitive system.	Concepts such as optimal complexity, flow experience.	Provides a robust theoretical framework and conceptual guidance for explaining aesthetic experience.	Methodological difficulty in translating the theoretical framework directly into a computable function; serves as an indirect reference for applied models.	(Van Geert & Wagemans, 2020)

Table 2: Measuring and Calculating Aesthetic Value

2.3. The artistic search space and guided exploration

The search space of an evolutionary algorithm is the collection of all potential solutions that can be generated based on the genetic encoding that was selected. Specifically, in the case of

artistic production this space tends to be multi-dimensional and multi-modal. The enormity of potential solutions restricts any search strategy that centers around a single point of optimization. Since artistic value is often generated out of multiples local foci, the search process should keep diversity in mind. Guided exploration: instead of aimless wandering, purposeful redirection of the search process toward regions of interest. This guidance is generally expressed in an Aesthetic Value Function. The Aesthetic Value Function has a strict definition in some studies and sees it as dynamic structures that change through the process of search in other approaches. The fitness function itself could evolve through co-evolution as suggested by Machado and Cardoso (1998), thus showing that search and evaluation mechanisms can co-develop mutually. This leads to a framework where the fitness function is no longer defined as a static measure of quality, but rather incorporated into the generative process itself.

Newer methods such as Novelty Search and the MAP-Elites algorithm give reward for behavioral diversity as well as a performance based metric. These methods strive to outline a larger topological overview of the search space, revealing not only high-fitness solutions, but also diverse types of behaviors. Because aesthetic value in artistic production is one of the important features to be novelty and unexpected combination, these methods provide a theoretically strong structure.

3. Methodology: Conceptual Framework and Experimental Setup

The methodology of the study combines conceptual analysis with simulation-based experimental design. In the first step, a typology was created classifying approaches termed aesthetic value functions. Subsequently, a standard parametric image generation system was developed to observe how this typology affects the evolutionary search process. In this way, the theoretical classification and experimental findings are related within the same framework. The typology defines four main approaches.

The first is the quantitative computable aesthetic value function. In this approach, the fractal dimension measuring the textural complexity of the image is calculated using the box-counting method, and the fitness value increases as proximity to the range of 1.5 to 1.8 increases. For the color harmony scale, the distance to complementary color pairs in the HSV color space is taken as a basis; the score increases as complementarity increases. Global compositional balance is determined by the distance of the center of gravity to the geometric center and color distribution statistics; proximity to the center and balanced distribution yield high scores. Although quantitative metrics offer the advantage of fast computation, their expressive power remains limited as they reduce the holistic structure of aesthetic experience to a limited number of mathematical variables.

The second approach is the learning-based aesthetic value function. Here, a hypothetical deep neural network model called AestheticNet is used. The model was trained on the ArtBench-50k dataset, consisting of 50,000 artworks and photographs, using professional evaluations as a reference, and assigns an aesthetic score between 1 and 10 to each image. The learning-based approach guides the search process within a richer evaluation framework by learning high-level features such as form, color relationship, and compositional integrity from data.

The third approach is the interactive human evaluation aesthetic value function. In this model, the fitness value is determined directly by a human operator; however, to ensure experimental replicability, a setup was preferred where the learning-based model is used as an idealized simulation of human behavior. Individuals selected from the population are scored between 1 and 5. This approach aims to reflect the sensitivities of the aesthetic context more directly by incorporating subjective preferences into the search process.

The fourth approach is the hybrid multi-criteria aesthetic value function. This model is based on a weighted combination of the previous approaches and aims to limit any single criterion from dominantly guiding the search process. As an example, the following fitness formula was defined: 0.6 times the learning-based score, plus 0.2 times the expression $(1 - |FD - 1.7|)$, plus 0.2 times the color harmony score. This structure keeps the learning-based evaluation central while encouraging moderate complexity with the fractal dimension criterion, and color harmony supports compositional integrity. Thus, the search process is guided jointly by data-driven aesthetic judgments and quantitative visual metrics. This developed typology allows for a comparative examination of the impact of different information sources on the search space. The relationship between the structural characteristics of the evaluation mechanism and the resulting visual diversity can be directly linked through experimental observations. This enables a clearer understanding of the decisive role of each approach on evolutionary dynamics.

AEF Type	Sub-Component / Criterion	Description	Calculation / Evaluation Method	Fitness Reflection / Formula
Quantitative Computable AEF (Q-AEF)	Fractal Dimension (FD)	Measures the textural complexity of the image.	Calculated using the box-counting method.	Fitness value increases with proximity to the range of 1.5 to 1.8.
	Color Harmony Scale (CHS)	Determines the level of complementarity between colors.	Measures distance to complementary color pairs in the HSV color space.	Score increases with proximity to complementarity.
	Global Compositional Balance (GCB)	Quantitatively expresses visual balance.	Evaluates the distance of the center of gravity to the geometric center, together with color distribution statistics.	Proximity to the center and balanced distribution yield high scores.
	General Approach	Calculated through mathematical formulas or basic image processing techniques. Its core strength is computability and processing speed. However, its expressive power is limited as it represents the holistic structure of aesthetic	-	-

Değer Fonksiyonunun Evrimsel Sanat Üretimindeki Rolü

		experience with a limited number of variables.		
Learning-Based AEF (L-AEF)	AestheticNet Model	A deep neural network-based aesthetic scorer. It has the potential to capture complex and implicit visual patterns (such as form, color relationship, compositional integrity).	Trained on the ArtBench-50k dataset consisting of 50,000 artworks and photographs, using professional evaluations as a reference.	Assigns an aesthetic score between 1 and 10 to each image. Guides the search process within a rich evaluation framework.
Interactive Human Evaluation AEF (I-AEF)	Simulated Human Evaluation	Aims to incorporate subjective preferences into the search process. To maintain experimental replicability and enable systematic comparison, a simulation was preferred where the L-AEF is used as an idealized model of human behavior, instead of actual human participation.	Evaluates individuals selected from the population (in simulation).	Scores between 1 and 5. Human evaluation reflects the sensitivities of the aesthetic context more directly.
Hybrid Multi-Criteria AEF (H-AEF)	Weighted Combination	Aims to limit the dominance of any single criterion and create a balanced evaluation framework. Keeps learning-based aesthetic evaluation central while supporting it with quantitative visual metrics (FD, CHS).	Example Formula: Fitness = $0.6 \times \text{L-AEF_Score} + 0.2 \times (1 - \text{FD} - 1.7) + 0.2 \times \text{CHS_Score}$	L-AEF is central, FD encourages moderate complexity, and CHS supports compositional integrity. The search process is guided jointly by data-driven judgments and quantitative metrics.
General Framework and Aim	-	The developed typology allows for a comparative examination of the impact of different information sources (mathematical, learning-based, human) on the search space.	-	In this way, the relationship between the structural characteristics of the evaluation mechanism and the resulting visual diversity can be observed experimentally.

Table 3: Aesthetic Evaluation Functions (AEF) Typology

3.2. Evolutionary System and Parametric Image Generation

The image representation is a vector of 50 real-valued genes that control the basic parameters determining the visual composition. This genetic coding structure includes position, scale, rotation angle, RGB components of the fill color, edge thickness, and transparency values for ten abstract shape prototypes. The shape prototypes consist of ellipses, rectangles, and line clusters, while RGB parameters for the global background color are also encoded separately. Additionally, control parameters for noise filters and basic texture curves are included in the genotype. This representation allows for the generation of geometric and color-based variations within the same model. The continuous-valued parameters enable gradual transitions in the search space, allowing for fine-tuned changes.

The genotype vector is fed into a deterministic procedure that generates an RGB image of 512x512 pixel size. The system uses a layered drawing architecture: each shape is placed sequentially according to its parameter values to form the composition. The placement order determines the overlap relationships between shapes, thus creating visual depth and layering patterns. The deterministic nature of the process ensures that the same phenotype is produced for the same genotype on every run. This is a critical feature for experimental replicability.

3.2.1 Evolutionary Algorithm Parameters

In the experimental comparison, the same evolutionary structure was used for all Aesthetic Evaluation Function (AEF) types. The parameters are summarized in the table below:

Parameter	Value
Algorithm	Steady-State Genetic Algorithm
Population size	100 individuals
Selection method	Tournament selection, $k = 3$
Crossover	Uniform crossover, rate = 0.7
Mutation	Gaussian mutation, $\sigma = 0.1$, mutation probability = 0.05
Number of generations	200
Independent runs	5 experiments for each AEF type

Table 4: Evolutionary Algorithm Parameters

Keeping the parameters constant allows for a direct comparison of the effect of different AEF types on search dynamics.

3.3. Evaluation Metrics

Rather than assessing the success of the evolutionary process solely through the individual with highest fitness value, we analyzed it within multi-dimensional framework. There are four fundamental criteria involved here. The first was fitness convergence: fitness monitoring of the best and average values throughout generations. This metric refers to how fast the algorithm finds a solution, as well as how stable it is through its searching process. Early saturation of the curve means that it has reached early saturation and therefore was limited in terms of exploratory capacity, whilst a gradual slope represents more balanced search dynamics. A second metric is the diversity of its population. The latter was confronted at two levels, i.e., the matching not only took into account the positions of individuals in genotype space (Euclidean distance), but also of histograms built by each individual image based on feature images (phenotype space). Genotype distance quantifies genetic divergence, whereas phenotype

distance illustrates apparent diversity. Judging these two distances together shows how much diversity the search process is able to keep. So basically this metric makes clear whether the algorithm gets stuck into one kind of solution or supports various possibilities.

As part of this external aesthetic evaluation, the top 10 individuals retrieved at the end of evolution were individually assessed on a scale from 1 to 10 by a dummy expert panel that operated *sua sponte*, independent of the aesthetic value function. This assessment was based on originality, compositional integrity, and visual interest. The goal of this phase is to learn the relation between the fitness measure internal to the model and exogenous beauty evaluations. That is, it tackles the question: Do images the algorithm internally ranks highly score just as highly with a human-like aesthetic sensibility? Ultimately, behavioral mapping technique utilized. As with the MAP-Elites technique, individuals were inserted into a two-dimensional behavioral space by virtue of their color diversity and geometric complexity axes. This provides a mapping of where different types of aesthetic value functions are focusing their efforts in the search space. So, it tells not only which were the best solutions found but also what parts of the space were systematically explored and where there are empty regions. This is an excellent way to gain insight into the exploration pattern of our algorithm.

4. Findings and Analysis

The experiment set was up to see how four variations of an aesthetic value function guided evolutionary dynamics. The quantitative computable method converged much more faster than all other approaches with respect to fractal dimension. After about the fiftieth generation, almost all individuals in the population had compressed fractal dimension values about between 1.68 and 1.72. This rapid convergence resulted in a large reduction of genotype and phenotype diversity. Generated images started to become similar in texture I wrote this test commentary revealing a little variation on the composition and theme A similar picture emerged when color harmony was used as the principle: most of the population gravitated towards complementary pairs of colors, such as turquoise-red or purple-yellow, however overall compositional structure remained within a very limited range. It became apparent that when optimizing for a single quantitative metric, we were quite literally compressing the search space to a very specific band of aesthetics.

That was not the case with the learning based model. The process that we did with AestheticNet was slower, but much more step-by-step. The composition of images generated was far more balanced, the color transitions were harmoniously softer and empty spaces were used more consciously than in the quantitative approach. A second issue arose here, though: the model was prone to over-remetic dominant aesthetics it had learned from the training data. This average understanding of beauty stifled radicalistic innovations and non-normative explorations. Notably, the diversity level was greater than in the quantitative model, but stylistically still could not surpass a certain limit.

The interactive human evaluation approach completely changed the picture. Diversity was at its highest when simulated human judgment was involved. By occasionally selecting individuals that received low scores from the learning-based model but that were found interesting, the human operator guided the search process in ways not anticipated. It opened the floor for creative deviations. This freedom, though, has had its downsides: it prolonged the

emergence of a consistent style and led to periodic verging on aimlessness. The increased exploratory capacity of human judgment had also created uncertainty due to its flexible nature.

Most balanced performance was shown by the hybrid approach. When the learning-based model became the important 60% weighted decision factor in regards to other two, including fractal dimension and color harmony each took up with 20%, this arrangement guaranteed reasonable convergence speed without attaching excessive diversity and most importantly from external aesthetic evaluations obtained best average score. Through its hybrid structure it limited the influence of any individual criteria, steering the search process while preventing an over-constraining effect. As a result, this created a controlled exploration space.

The analysis of behavioral mapping clearly indicated that each approach probed the search space in a distinct manner. The fractal dimension-based quantitative approach considered geometric complexity and color diversity, with subjects clustering in a very tight band along the geometric complexity axis, but exhibiting a wider than expected (but also less regular) spread on the color diversity (diversity of neural gases) axis. This resulted in a search process becoming embedded in a region which output high fractal dimension scores. People clustered tightly around moderate values on both axes in the learning-based model. It was the model's safe, canonical aesthetic territory; we saw nearly no inclination toward extreme points. As individuals, we diverge to the edges of the behavioral space. Human preferences guided the search into unknown and experimental territories. The hybrid approach showed a broader distribution, relative to the learning based model but more controlled compared to the interactive one. This multi-criteria setting enabled deviations from the core area without scattering the search altogether.

The interactive approach achieved the highest scores for originality in comparison to other approaches in the external expert panel evaluations, followed by hybrid; however, consistent averages remained lower for quantitative and learning-based approaches. The learning-based and hybrid approaches performed favorably in terms of compositional integrity (CI), while the interactive approach was observed to have a high variance. Regarding visual interest, the interactive and hybrid approaches again produced statistically higher averages. These results decisively affirm that the aesthetic value function is not just a technical detail in evolutionary wrapping paper of art generation, but rather the very foundation of what constitutes potential creativity. The original contribution of this study is in systematically comparing how the various evaluation strategies transform the search space, and showing that hybrid and multi-criteria approaches canwork together to provide not only exploratory capacity but aesthetic coherence as well.

5. Discussion

These findings expose a fundamental paradox of automatic aesthetic optimization: the more tightly we define and optimize an aesthetic value function, the more it inevitably narrows down the search space and molds productions into its own limited foresight. The quantitative computable approach is doomed to fail because any attempt to squeeze the layered richness of aesthetic human texture into a few mathematical variables cannot succeed. Learning-based models, on the other hand, fall into the opposite trap: by producing datasets-averaged, canonical aesthetic knowledge from large datasets such as ImageNet or YouTube8M (Boden 2004), they result in a kind of aesthetic conformism. But art history makes clear that real innovation and avant-garde breakthroughs come exactly from transgressing established norms. Given that the

training data of a learning-based model would have set a scaling somewhat to reward such behavior, it is pretty much unlikely that behavior like this receives any high score. The interactive human evaluation methodology is arguably the most straight-forward way to circumvent this paradox. It is the approach with the greatest potential for mimicking open-ended creativity, because human judgment is far more flexible, context sensitive and unpredictable than any method currently available. However, this potential has a practical barrier: user fatigue (Takagi, 2001). No human evaluates that many images over that many generations. As a result, population size drops, genetic drift increases and exploration space reduces. Since our study employs a simplified human model, we likely underestimated the magnitude of this problem. This is where hybrid and meta-level strategies step in as a way out. Proving to be the most balanced performer in our results, the hybrid approach showcased how well it kept both exploratory power and visual aesthetics when combining learning-based models with quantitative measures. This can be the basis for developing more sophisticated strategies. Dynamic or adaptive aesthetic value functions could self-modulate their weights according to population diversity; we could increase the weight of novelty or surprise criteria automatically in response to decreased diversity (Lehman & Stanley, 2011). Another avenue is multi-objective optimization: considering conflicting goals like aesthetic novelty, stylistic consistency, and technical sophistication as separate objectives allows exploration of the Pareto front. Rather than being one single best solution, this approach provides a family of solutions with different characteristics. The alternative is curated evolution: The algorithm does a wide search, based on some simple quantitative or learning-based function, but the final selection and editing is done by a human curator. This process liberates the human from a tedious loop of iterative evaluation, allowing them to take on more of an oracle role for guidance and selection. These are all clues to better working partnerships between machine intelligence and human creativity. But we cannot ignore the ethical, philosophical aspects of this enmeshment. If aesthetic value can be derived as an algorithmic function, does this mean that it has a replicable, objective basis? Slowly the artist becomes a type of search space architect or controlling function designer. Most crucially, the historical and cultural biases found in training datasets used to train learning-based models can influence the future of artistic production by algorithms, though invisibly (Bruyn et al., 2020). In the design of these systems transparency and critical awareness present themselves not only as technical, but also ethical needs.

6. Conclusion

In examining pictorial optimization, this study shows that the application of evolutionary algorithms is inextricably bound to consideration of an aesthetic value function. The simulation-based conceptual comparison illustrated that the four evaluation strategies lead to fundamentally different search spaces and correspondingly different productions. Quantitative computable metrics, especially in the form of one dimensional goals like fractal dimension and color harmony would rapidly converge but through squeezing the visual repertoire into a thin band such that after only a few generations the population started to produce variants high in texture or composition but similar to each other. The learning-based model brought in, again, a new sort of constraint: by reproducing canonical aesthetic patterns learnt from huge datasets, a model had created images that carried high compositional integrity and subtle transitions of colour, but in a familiar, conventional visual tongue. Under this system, we should not actually be surprised that radical innovations and non-normative explorations were systematically

punished. Things turned a completely different way in the interactive human evaluation approach, because of humans' flexible habits choosing underrepresented with lower scores but interesting individuals that resulted in an infinite diversity from all over to the margins of the search space. But one price of this open-endedness was that it took a while for Novak to develop a consistent style, and along the way, an aimlessness and inconsistencies. While the pure neural learning-based evaluation, much like other extremes such as ranging to a spectrum with only pure quantitative measures always ended up with either very slow convergence speed (the first case) or lack of sufficient diversity (the second case), thus scoring highest externally among all purposes models would mean that (as stated above) this hybrid approach achieved both diversification and highly practical speeds in obtaining useful rational behaviors whilst still efficiently scored based on expert references for short period designs.

And these findings suggest that the purpose of a tagging system to truly creative evolution is not finding optimums but mapping unexplored and inspirational landscapes. This is where guided exploration comes in: a symbiotic cycle of human intuitive guiding and the algorithm's endless patience and combinatorial production power, whereby random search will not be left to chance entirely nor strictly defined by one aesthetic reading. Hybrid, adaptive and multi-objective strategies can be decisive in this cycle. Future works may, for example, combine with models that assess the emotion or hidden meaning of a picture³⁵ www.visualgenome.org³⁶—to develop explainable AI techniques³⁷ that show over-time why an image received a high score from a learning-based model as feedback to be more informative to the artist; systems could also adapt their aesthetic value functions 'in-the-wild' through real-time reactions and/or social media feedback^{38 39 40}, while emerging digital designs could ultimately become physical paintings via robots⁴¹ creating new possibilities of expressions across physical-digital interfaces. In short, evolutionary algorithms and pictorial optimization should not be seen as a way to automate art; they are thinking partners that stretch the limits of human creativity and provide a new idiom for artistic thought. Real exploration means leaving the map at the edges, and on this journey, perhaps only human critical curiosity and aesthetic judgment can remain our most valuable guide.

Research avenues need to be opened in future:

Emotion/Meaning-Based EDFs: Those implementing models that assess the emotional or implicit meaning of an image.

Explainable Aesthetic Evaluation: More effective explainable AI (XAI) techniques that could visualize the reasoning behind high scores given to images by a particular L-EDF (Learning-based Aesthetic Value Function) would provide better feedback to the artist.

Learning and Cultural Feedback Online: The system continuously refines its EDF by incorporating real-time aesthetic preferences learned from online interactions (for instance, social media reactions).

Digital-Physical Interfaces: hybrid settings which allow transfer and transformation of entangled digital drawings into paintings by semi automated robot systems.

That said, evolutionary algorithms and pictorial optimization are not the tools for automating art. Instead, [artificial intelligences] should be seen as a thinking partner who enhances the terrain of human creativity and offers a new idiom for artful thought. True discovery occurs beyond the edges of the map; on that expedition, no guide is as precious as human critical curiosity and aesthetic judgment.



Research Article / Araştırma Makalesi

Estetik Değer Fonksiyonunun Evrimsel Sanat Üretimindeki Rolü

Öz

Bu çalışma, evrimsel algoritmaların resimsel kompozisyon ve stil optimizasyonunda nasıl kullanılabileceğini estetik değer fonksiyonunun tanımlanması ve ölçülmesi sorunsalı etrafında ele almaktadır. Doğal seçimden ilham alan bu algoritmalar, geleneksel yöntemlerle modellenmesi güç çok boyutlu sanatsal arama uzaylarında güçlü bir keşif olanağı sunmaktadır. Ancak süreci yönlendiren estetik değer fonksiyonunun nesnel, genellenebilir ve hesaplanabilir bir biçimde kurgulanması, hem kuramsal hem de uygulamalı düzeyde temel bir zorluk oluşturmaktadır. Çalışmada bu fonksiyona yönelik yaklaşımlar istatistiksel, psikofiziksel, öğrenme temelli ve etkileşimli olarak sınıflandırılmaktadır ve her birinin sanatsal arama uzayının yapısını nasıl dönüştürdüğü irdeleniyor. Yönlendirilmiş keşif kavramı çerçevesinde evrimsel algoritmaların yalnızca uygunluk eniyilemesi yapmakla kalmayıp, çok modlu arama uzaylarında çeşitlilik, sürpriz ve estetik ilgi uyandıran çözümler üretebileceği gösterilmektedir. Parametrik bir görüntü üretim sistemi içinde kurgusal ama gerçekçi bir deney düzeneği oluşturulmuş ve farklı estetik değer fonksiyonu tanımlarına sahip genetik algoritmalar karşılaştırılmıştır. Bulgular, nicel temelli tasarımların hızlı yakınsama sağladığını ancak çözüm çeşitliliğini ve yenilik düzeyini sınırladığını ortaya koyuyor. Buna karşılık etkileşimli ve çok ölçütlü yaklaşımlar daha geniş bir keşif alanı sunarken ölçeklenebilirlik ve öznel değerlendirme tutarlılığı açısından ek yöntemsel düzenlemeler gerektirmektedir. Sonuç olarak, evrimsel algoritmaların sanatsal optimizasyondaki başarısı, estetik niyeti yansıtan ama keşif alanını aşırı daraltmayan bir kılavuz fonksiyon tasarımına dayanmaktadır. Yaratıcı bir hesaplamalı sistem, yalnızca tek bir en iyi çözümü bulmak yerine, olasılıklar uzayında anlamlı geçiş yolları keşfedebilme kapasitesiyle değerlendirildiğinde kuramsal ve pratik açıdan daha güçlü bir konuma yerleşmektedir.

Anahtar Kelimeler: Evrimsel Algoritmalar, Hesaplamalı Yaratıcılık, Estetik Değer Fonksiyonu, Sanatsal Optimizasyon, Genetik Algoritma, Etkileşimli Evrim, Arama Uzayı, Yönlendirilmiş Keşif.

1. Giriş

Sanatsal yaratım süreci uzun yıllar boyunca sezgi, teknik beceri ve bireysel ifadenin içsel bir alanı olarak değerlendirilmiştir. Hesaplama kapasitesindeki artış ve modelleme tekniklerindeki gelişim bu sürecin analiz edilmesi, taklit edilmesi ve genişletilmesi yönünde yeni olanaklar üretmiş ve hesaplamalı yaratıcılık olarak adlandırılan disiplinler arası araştırma alanını görünür kılmıştır (Boden, 2004). Bu alan içinde öne çıkan yöntemlerden biri biyolojik evrim ilkelerinden esinlenen Evrimsel Algoritmalar'dır.

Evrimsel Algoritmalar (EA), bir aday çözüm popülasyonunu tanımlı bir uygunluk fonksiyonuna göre değerlendirilerek seçim çaprazlama ve mutasyon operatörleri aracılığıyla ardışık kuşaklar üretir (Eiben ve Smith, 2015). Bu meta-sezgisel eniyileme yaklaşımı özellikle yüksek boyutlu ve doğrusal olmayan arama uzaylarında etkili sonuçlar verir. Görsel üretim bağlamında EA'lar; renk paletlerinin düzenlenmesi kompozisyon parametrelerinin

yapılandırılması soyut biçimlerin geliştirilmesi ve görsel dokuların türetilmesi gibi işlemlerde kullanılır. Karl Sims'in 1991 tarihli çalışması genetik programlama yöntemiyle evrimleştirilen karmaşık görsel yapıların üretilebileceğini göstermiştir. Söz konusu yaklaşım sanatçının deneme temelli üretim pratiğini algoritmik bir keşif ve eniyileme sürecine dönüştürme imkânı sunar.

Bu kuramsal çerçeve içinde belirginleşen temel sorun Estetik Değer Fonksiyonu (EDF) problemidir. Mühendislik eniyilemelerinde uygunluk fonksiyonu fiziksel kısıtlar ve ölçülebilir performans göstergeleri temelinde açık biçimde tanımlanır. Görsel kompozisyonun estetik değeri öznel yargılar kültürel bağlam ve çok katmanlı algısal ölçütler tarafından şekillenir. Bir algoritmanın estetik açıdan güçlü çıktılar üretmesi güzellik kavramının işlemsel ve hesaplanabilir bir modele dönüştürülmesine bağlıdır. Tanımlanan modelin kapsamı ve sınırları arama uzayının yönünü doğrudan etkiler. Bu nedenle EDF tasarımı yalnızca teknik bir parametre belirleme süreci olarak değil, arama uzayının yapısını kuran kuramsal bir tercih olarak değerlendirilmelidir.

Bu bağlamda çalışma şu sorulara odaklanmaktadır:

Bölüm	İçerik
Araştırma Sorusu 1	Estetik değeri nicelleştirmeye yönelik mevcut yaklaşımlar nelerdir ve bu yaklaşımlar bir Estetik Değerlendirme Fonksiyonu (EDF) olarak kullanıldıklarında evrimsel arama sürecini nasıl etkilemektedir
Araştırma Sorusu 2	Sanatsal optimizasyon bağlamında yönlendirilmiş keşif kavramı nasıl tanımlanmakta ve bu kavram evrimsel yöntemlerle nasıl ilişkilendirilmektedir
Araştırma Sorusu 3	Farklı EDF stratejileri karşılaştırıldığında üretilen eserlerin çeşitliliği özgünlüğü ve algılanan estetik değeri hangi ölçütler temelinde farklılaşmaktadır
Araştırma Sorusu 4	İnsan sezgisi ile algoritmik arama süreçleri hangi kuramsal ve yöntemsel çerçevede bütünleştirilebilmektedir
Makalenin Yapısı	Çalışma öncelikle ilgili literatürü incelemekte ardından EDF yaklaşımlarını sınıflandıran kavramsal bir çerçeve sunmakta ve simülasyona dayalı deneysel bulguları değerlendirmektedir Son aşamada hesaplamalı yaratıcılık alanında evrimsel yöntemlerin geleceğine ilişkin kuramsal ve etik çıkarımlar tartışılmaktadır

Tablo 1: Estetik Değer Fonksiyonu (EDF) Araştırma Soruları

2. Literatür Taraması

Bu literatür taraması evrimsel algoritmalar ve estetik değer fonksiyonu konusundaki çalışmalarını derlemekle kalmayıp alana özgün bir kavramsal çerçeve kazandırmaktadır. Öncelikle estetik değer ölçülmesine yönelik yaklaşımları istatistiksel, psikofiziksel, öğrenme temelli ve etkileşimli olmak üzere dört ana kategoride sistematik biçimde sınıflandırarak, bu alandaki dağınık literatürü bütüncül bir perspektiften yeniden okumaya olanak tanır. Bu sınıflandırma, her bir yaklaşımın sanatsal arama uzayının yapısını nasıl dönüştürdüğünü anlamak için analitik bir araç sunar. Örneğin, istatistiksel yaklaşımların arama uzayını dar bir estetik banda sıkıştırma eğilimi öğrenme temelli modellerin ise veri setindeki baskın estetik kalıpları yeniden üreterek normatif bir alan yaratma potansiyeli bu çerçeve sayesinde görünür hale gelir. İkinci olarak, literatür taraması "yönlendirilmiş keşif" kavramını merkeze alarak, evrimsel algoritmaların yalnızca bir optimizasyon aracı değil, aynı zamanda yaratıcı bir keşif sürecinin parçası olabileceğini vurgular. Bu bağlamda, geleneksel uygunluk fonksiyonu anlayışının ötesine geçilerek, yenilik arayışı ve çok amaçlı optimizasyon gibi stratejilerin sanatsal üretimdeki

potansiyeli tartışılmaktadır. Bu kavramsal yeniden yapılandırma, çalışmanın deneysel tasarımının temelini oluşturur ve farklı estetik değer fonksiyonu türlerinin evrim dinamikleri üzerindeki etkisini karşılaştırmalı olarak incelemeye imkan tanır. Dolayısıyla bu literatür taraması, sadece mevcut bilgiyi özetlemekle kalmaz, aynı zamanda çalışmanın bulgusal gücünü artıran sağlam bir kavramsal zemin hazırlar. Deneysel bölümde elde edilen sonuçlar bu kavramsal çerçevenin geçerliliğini ampirik olarak test etmekte ve estetik değer fonksiyonu tasarımının yaratıcı çıktılar üzerindeki belirleyici rolünü ortaya koymaktadır. Böylece literatür taraması hem alana teorik bir katkı sunmakta hem de çalışmanın deneysel bulgularının yorumlanması için güçlü bir referans noktası oluşturmaktadır (Özdemir, 2022).

2.1. Evrimsel Algoritmalar ve Sanat

Evrimsel hesaplamanın sanata uygulanması 1960'lı yıllarda ortaya çıkan bilgisayar sanatı deneylerine uzanır. Alanın dönüm noktası olarak kabul edilen çalışma Karl Sims'in 1991 tarihli araştırmasıdır. Sims, LISP programlarıyla temsil edilen görsel prosedürleri bir popülasyon içinde evrimleştirerek doku, form ve renk fonksiyonlarını değişken genetik temsiller aracılığıyla üretmiştir. Araştırmacı insan operatörün seçimine dayalı etkileşimli bir süreç yürüterek organik ve karmaşık görüntüler elde etmiştir. Bu yaklaşım, Etkileşimli Evrimsel Hesaplama olarak adlandırılan yöntemin klasik örneklerinden biri kabul edilir ve literatürde Interactive Evolutionary Computation kavramının kurucu uygulamaları arasında değerlendirilir (Takagi, 2001). Etkileşimli Evrimsel Hesaplama yaklaşımı Estetik Değer Fonksiyonu problemini değerlendirme sürecine insanı doğrudan dahil ederek ele alır. Bu modelde uygunluk değeri algoritmik bir formülle belirlenmez; değerlendirme ölçütü kullanıcının estetik tercihleri üzerinden tanımlanır. Böylece öznel estetik yargılar evrimsel arama sürecine yapısal bir bileşen olarak katılır. Bununla birlikte yöntemin temel sınırlılığı ölçeklenebilirlik sorunudur. Kullanıcı yorgunluğu popülasyon büyüklüğünü ve nesil sayısını sınırlamakta arama uzayının kapsamı ile çeşitliliği daralmaktadır.

Sims'in çalışmasından sonra araştırmacılar evrimsel algoritmaları parametrik resim üretimi fraktal sanat ve stil taklidi gibi farklı görsel üretim alanlarına uygulamıştır. Özellikle fraktal sanat üzerine yürütülen çalışmalar matematiksel yineleme yapıları ile estetik algı arasındaki ilişkiyi incelemiştir (Taylor vd., 1999). Bu literatürde genotip-fenotip eşleşmesinin tasarımı merkezi bir problem olarak öne çıkar. Genetik temsilin görsel çıktıya hangi kurallarla dönüştürüldüğü estetik çeşitliliğin düzeyini doğrudan etkiler. Benzer biçimde mutasyon ve çaprazlama gibi evrimsel operatörlerin keşif kapasitesini koruyacak şekilde yapılandırılması arama sürecinin derinliği açısından belirleyicidir. Sonuç olarak evrimsel sanat üretiminde teknik tasarım tercihleri ortaya çıkan görsel repertuarın sınırlarını belirleyen temel etkenler arasında yer alır.

2.2. Estetik Değerin Ölçülmesi ve Hesaplanması

Estetik değer otomatik biçimde ölçülmesine yönelik girişimler estetiğin nesnel ölçütlere indirgenebilirliği üzerine yürütülen uzun soluklu felsefi tartışmaların devamı niteliğindedir (Kant, 1790). Hesaplamalı yaklaşımlar literatürde dört ana kategori altında toplanır ve her biri estetik deneyimin farklı bir boyutunu modellemeye yönelir.

Yaklaşım Kategorisi	Temel Dayanak / Öncü	Kullandığı Ölçütler / Yöntemler	Güçlü Yönler	Sınırlılıklar / Eleştiriler	İlgili Atıflar
İstatistiksel ve Bilgi Kuramsal	Estetik ölçüyü düzen ve karmaşıklık oranına (O/C) dayandıran Birkhoff'un formülü.	Fraktal boyut analizi, renk uyumu ölçekleri, Shannon entropisi.	Hesaplama açısından pratik, büyük veri kümelerine kolaylıkla uygulanabilir.	Estetik deneyimin çok katmanlı yapısını sınırlı sayıda matematiksel değişkene indirgeme eğilimi.	(Birkhoff, 1933); (Taylor vd., 1999); (Cohen, 2001)
Psikofiziksel ve Deneysel Estetik	Fechner'in estetik tepkilerin deneysel yöntemlerle ölçülebileceğini gösteren çalışmaları.	Simetri, kontrast, altın oran gibi görsel özelliklerin tercih edilirlğine dair nicel bulgular.	Estetik Değer Fonksiyonu tasarımına deneysel, veri temelli bir dayanak oluşturur.	Kültürel farklılıklar ve bağlamsal etkenler, bulguların evrensel geçerliliğini ve genellenebilirliğini sınırlar.	(Fechner, 1876); (Palmer ve Schloss, 2010)
Makine Öğrenimi ve Derin Öğrenme Temelli	Büyük ölçekli görsel veri kümelerinin varlığı ve derin sinir ağları.	Karmaşık görsel örüntüleri ve açıkça tanımlanmamış estetik ilişkileri veriden öğrenen modeller.	Geleneksel ölçütlerin kapsayamadığı örtük yapıları temsil edebilme kapasitesi.	Eğitim verilerindeki kültürel ve toplumsal önyargıların modele yansımaya riski; sonuçların eleştirel değerlendirilmesi gereği.	(Kong vd., 2016); (Talebi ve Milanfar, 2018); (Karayev vd., 2014)
Karmaşık Sistem ve Algısal Dinamik	Estetik değeri, izleyicinin bilişsel sisteminde ortaya çıkan dinamik bir süreç olarak ele alır.	Optimal karmaşıklık, akış deneyimi gibi kavramlar.	Estetik deneyimin açıklanması için güçlü bir kuramsal çerçeve ve kavramsal yönlendirme sağlar.	Kuramsal çerçevenin doğrudan hesaplanabilir bir fonksiyona dönüştürülmesi yöntemsel açıdan güçlük taşır; uygulamalı modeller için dolaylı bir referanstır.	(Van Geert ve Wagemans, 2020)

Tablo 2: Estetik Değerin Ölçülmesi ve Hesaplanması

2.3. Sanatsal Arama Uzayı ve Yönlendirilmiş Keşif

Bir evrimsel algoritmanın arama uzayı seçilen genetik kodlamanın tanımladığı tüm olası çözümler kümesini ifade eder. Sanatsal üretim bağlamında bu uzay çoğunlukla çok boyutlu ve çok modlu bir yapı sergiler. Çözüm sayısının genişliği tek bir eniyileme noktasına odaklanan arama stratejilerini sınırlı kılar. Sanatsal değer çoğu zaman birden fazla yerel odakta ortaya çıktığı için arama sürecinin çeşitliliği koruyacak biçimde tasarlanması gerekir. Yönlendirilmiş keşif kavramı arama sürecinin rastlantısal dolaşım yerine belirli ilgi bölgelerine sistematik biçimde yönelmesini ifade eder. Bu yönlendirme genellikle Estetik Değer Fonksiyonu aracılığıyla gerçekleşir. Estetik Değer Fonksiyonu bazı çalışmalarda sabit bir ölçüt olarak tanımlanırken bazı yaklaşımlarda arama süreciyle birlikte dönüşen dinamik bir yapı olarak kurgulanır. Machado ve Cardoso 1998 yılında uygunluk fonksiyonunun da evrilebileceğini ileri

sürmüş ve böylece arama ile değerlendirme mekanizmasının karşılıklı etkileşim içinde gelişebileceğini göstermiştir. Bu yaklaşımda uygunluk fonksiyonu sabit bir ölçüm aracı olmaktan çıkar ve üretim sürecinin parçası haline gelir.

Son dönemde geliştirilen Yenilik Arayışı yöntemi ve MAP-Elites algoritması performans ölçütlerinin yanında davranışsal çeşitliliği de ödüllendirir. Bu stratejiler arama uzayının daha geniş bir haritasını çıkarmayı hedefler ve yalnızca yüksek uygunluk değerine sahip çözümleri değil farklı davranış örüntülerini de görünür kılar. Sanatsal üretimde yenilik ve beklenmedik bileşimler estetik değer önemli bileşenleri arasında yer aldığı için söz konusu yöntemler kuramsal açıdan güçlü bir çerçeve sunar.

3. Metodoloji: Kavramsal Çerçeve ve Deneysel Düzenek

Çalışmanın metodolojisi kavramsal analiz ile simülasyona dayalı deneysel tasarımı bir araya getiriyor. İlk adımda, estetik değer fonksiyonu olarak adlandırılan yaklaşımları sınıflandıran bir tipoloji oluşturulmuş. Ardından bu tipolojinin evrimsel arama sürecini nasıl etkilediğini gözlemlemek üzere standart bir parametrik resim üretim sistemi geliştirilmiş. Bu sayede kuramsal sınıflandırma ile deneysel bulgular aynı çerçevede ilişkilendirilmiş. Tipolojide dört ana yaklaşım tanımlanıyor. İlki, nicel hesaplanabilir estetik değer fonksiyonu. Bu yaklaşımda görüntünün dokusal karmaşıklığını ölçen fraktal boyut, kutu sayma yöntemiyle hesaplanıyor ve 1.5 ile 1.8 aralığına yakınlık arttıkça uygunluk değeri yükseliyor. Renk uyumu ölçeğinde ise HSV renk uzayında tamamlayıcı renk çiftlerine uzaklık esas alınmaktadır, tamamlayıcılık arttıkça puan artıyor. Global kompozisyon dengesi, ağırlık merkezinin geometrik merkeze uzaklığı ve renk dağılım istatistikleriyle belirlenmektedir; merkeze yakınlık ve dengeli dağılım yüksek puan getirmektedir. Nicel ölçütler hızlı hesaplama avantajı sunsa da estetik deneyimin bütünsel yapısını sınırlı sayıda matematiksel değişkene indirgedikleri için ifade güçleri kısıtlı kalmaktadır. İkinci yaklaşım, *öğrenme tabanlı estetik değer fonksiyonu*. Burada derin sinir ağıyla çalışan kurgusal bir model olan AestheticNet kullanılmaktadır. Model, 50 bin sanat eseri ve fotoğraftan oluşan ArtBench-50k veri kümesinde profesyonel değerlendirmeler referans alınarak eğitilmiş ve her görüntüye 1 ile 10 arasında bir estetik puan atmaktadır. Öğrenme tabanlı yaklaşım, biçim, renk ilişkisi ve kompozisyon bütünlüğü gibi yüksek düzey özellikleri veriden öğrenerek arama sürecini daha zengin bir değerlendirme çerçevesinde yönlendiriyor. Üçüncü yaklaşım, etkileşimli insan değerlendirmeli estetik değer fonksiyonu. Bu modelde uygunluk değeri doğrudan insan operatör tarafından belirlenmektedir, ancak deneysel tekrarlanabilirliği sağlamak için öğrenme tabanlı modelin idealize edilmiş bir insan davranışı simülasyonu olarak kullanıldığı bir düzenek tercih edilmiş. Popülasyondan seçilen bireyler 1 ile 5 arasında puanlanmaktadır. Bu yaklaşım, öznel tercihleri arama sürecine dahil ederek estetik bağlamın duyarlılıklarını daha doğrudan yansıtmayı hedefliyor.

Dördüncü yaklaşım, hibrit çoklu kriter estetik değer fonksiyonu. Bu model, önceki yaklaşımların ağırlıklı bir birleşimine dayanmaktadır ve tek bir ölçütün arama sürecini baskın biçimde yönlendirmesini sınırlamayı amaçlıyor. Örnek olarak şu uygunluk formülü tanımlanmış: 0.6 ile çarpılan öğrenme tabanlı puan, 0.2 ile çarpılan ve 1 eksi mutlak değer içinde fraktal boyutun 1.7'den farkını alan ifade, ve 0.2 ile çarpılan renk uyumu puanı. Bu yapı, öğrenme tabanlı değerlendirmeyi merkezde tutarken fraktal boyut ölçütüyle orta düzey karmaşıklığı teşvik ediyor, renk uyumu da kompozisyonel bütünlüğü destekliyor. Böylece arama süreci hem veri temelli estetik yargılar hem de nicel görsel ölçütler tarafından birlikte

yönlendiriliyor. Geliştirilen bu tipoloji, farklı bilgi kaynaklarının arama uzayı üzerindeki etkisini karşılaştırmalı olarak incelemeye olanak tanıyor. Değerlendirme mekanizmasının yapısal özellikleri ile ortaya çıkan görsel çeşitlilik arasındaki ilişki, deneysel gözlemlerle doğrudan ilişkilendirilebiliyor. Bu sayede, her bir yaklaşımın evrimsel dinamikler üzerindeki belirleyici rolü daha net anlaşılmaktadır.

Estetik Değerlendirme Fonksiyonları (EDF) Tipolojisi

EDF Türü	Alt Bileşen / Ölçüt	Açıklama	Hesaplama/ Değerlendirme Yöntemi	Uygunluk Yansıtma Biçimi / Formül
Nicel Hesaplanabilir EDF (Q-EDF)	Fraktal Boyut (FD)	Görüntünün dokusal karmaşıklığını ölçer.	Kutu sayma yöntemi ile hesaplanır.	1.5 ile 1.8 aralığına yakınlık arttıkça uygunluk değeri yükselir.
	Renk Uyumu Ölçeği (CHS)	Renkler arası tamamlayıcılık düzeyini belirler.	HSV renk uzayında tamamlayıcı renk çiftlerine uzaklık ölçülür.	Tamamlayıcılığa yakınlık arttıkça puan artar.
	Global Kompozisyon Dengesi (GCB)	Görsel dengeyi nicel olarak ifade eder.	Ağırlık merkezinin geometrik merkeze uzaklığı ile renk dağılım istatistikleri birlikte değerlendirilir.	Merkeze yakınlık ve dengeli dağılım yüksek puan üretir.
	Genel Yaklaşım	Matematiksel formüller veya temel görüntü işleme teknikleri aracılığıyla hesaplanır. Temel gücü hesaplanabilirlik ve işlem hızıdır. Ancak estetik deneyimin bütünsel yapısını sınırlı sayıda değişkenle temsil ettiği için ifade gücü kısıtlıdır.	-	-
Öğrenme Tabanlı EDF (L-EDF)	AestheticNet Modeli	Derin sinir ağı temelli bir estetik puanlayıcıdır. Karmaşık ve örtük görsel örüntüleri (biçim, renk ilişkisi, kompozisyon bütünlüğü gibi) yakalama potansiyeline sahiptir.	50.000 sanat eseri ve fotoğraftan oluşan ArtBench-50k veri kümesi üzerinde, profesyonel değerlendirmeler referans alınarak eğitilmiştir.	Her görüntüye 1 ile 10 arasında estetik puan atar. Arama sürecini zengin bir değerlendirme çerçevesinde yönlendirir.

Değer Fonksiyonunun Evrimsel Sanat Üretimindeki Rolü

Etkileşimli İnsan Değerlendirmeli EDF (I-EDF)	Simüle Edilmiş İnsan Değerlendirmesi	Öznel tercihleri arama sürecine dahil etmeyi hedefler. Deneysel tekrarlanabilirliği korumak ve sistematik karşılaştırma yapabilmek için, gerçek insan katılımı yerine L-EDF'nin idealize edilmiş bir insan davranış modeli olarak kullanıldığı bir simülasyon tercih edilmiştir.	Popülasyondan seçilen bireyler (simülasyonda) değerlendirilir.	1 ile 5 arasında puanlama yapılır. İnsan değerlendirmesi estetik bağlamın duyarlılıklarını daha doğrudan yansıtır.
Hibrit Çoklu Kriter EDF (H-EDF)	Ağırlıklı Birleşim	Tek bir ölçütün baskınlığını sınırlayıp dengeli bir değerlendirme çerçevesi oluşturmayı amaçlar. Öğrenme tabanlı estik değerlendirmeyi merkezde tutarken, nicel görsel ölçütlerle (FD, CHS) destekler.	Örnek Formül: Fitness = $0.6 \times L-EDF_Score + 0.2 \times (1 - FD - 1.7) + 0.2 \times CHS_Score$	L-EDF merkezde olup, FD orta düzey karmaşıklığı teşvik eder, CHS ise kompozisyonel bütünlüğü destekler. Arama süreci veri temelli yargılar ve nicel ölçütler tarafından birlikte yönlendirilir.
Genel Çerçeve ve Amaç	-	Oluşturulan tipoloji, farklı bilgi kaynaklarının (matematiksel, öğrenme tabanlı, insan) arama uzayındaki etkisini karşılaştırmalı olarak incelemeye olanak tanır.	-	Bu sayede değerlendirme mekanizmasının yapısal özellikleri ile ortaya çıkan görsel çeşitlilik arasındaki ilişki deneysel olarak gözlemlenebilir.

Tablo 3: Estetik Değerlendirme Fonksiyonları (EDF) Tipolojisi

3.2. Evrimsel Sistem ve Parametrik Resim Üretimi

Görsel kompozisyonu belirleyen temel parametreleri denetleyen 50 gerçek değerli genden oluşan bir vektörle temsil edilmektedir. Bu genetik kodlama yapısı, on adet soyut form prototipi için konum, ölçek, dönüş açısı, dolgu renginin RGB bileşenleri, kenar kalınlığı ve saydamlık değerlerini içermektedir. Form prototipleri elips, dikdörtgen ve çizgi kümelerinden oluşurken, global arka plan rengi için RGB parametreleri de ayrıca kodlanmaktadır. Bunlara ek olarak gürültü filtreleri ve temel doku eğrilerine ilişkin kontrol parametreleri de genotipe dahil edilmiş. Bu temsil biçimi, geometrik ve renk temelli varyasyonların aynı model içinde üretilmesine imkan tanıyor. Parametrelerin sürekli değerli olması ise arama uzayında kademeli geçişlere olanak sağlayarak ince ayarlı değişimleri mümkün kılmaktadır.

Genotip vektörü, 512x512 piksel boyutunda RGB görüntü üreten deterministik bir prosedüre aktarılmaktadır. Sistem katmanlı çizim mimarisi kullanılmaktadır: her bir form, parametre değerleri doğrultusunda sıralı biçimde yerleştirilerek kompozisyon oluşturuluyor. Yerleştirme sırası, formlar arasındaki çakışma ilişkilerini belirliyor ve böylece görsel derinlik ile örtüşme düzeni ortaya çıkmaktadır. Sürecin deterministik olması, aynı genotip için her çalıştırmada aynı fenotipin üretilmesini güvence altına almaktadır. Bu da deneysel tekrarlanabilirlik açısından kritik bir özellik.

3.2.1 Evrimsel Algoritma Parametreleri

Deneysel karşılaştırmada tüm Estetik Değer Fonksiyonu türleri için aynı evrimsel yapı kullanılmıştır. Parametreler aşağıdaki tabloda özetlenmiştir:

Parametre	Değer
Algoritma	Steady-State Genetik Algoritma
Popülasyon boyutu	100 birey
Seçilim yöntemi	Turnuva seçilimi $k = 3$
Çaprazlama	Tekdüze çaprazlama oran = 0.7
Mutasyon	Gaussian mutasyon $\sigma = 0.1$ mutasyon olasılığı = 0.05
Jenerasyon sayısı	200
Bağımsız çalışma	Her EDF tipi için 5 deney

Tablo 4: Evrimsel Algoritma Parametreleri

Parametrelerin sabit tutulması farklı EDF türlerinin arama dinamikleri üzerindeki etkisini doğrudan karşılaştırmaya imkân verir.

3.3. Değerlendirme Metrikleri

Evrimsel sürecin başarısını yalnızca en yüksek uygunluk değerine sahip birey üzerinden okumak yerine, analiz çok boyutlu bir çerçevede yürütülmüş. Burada dört temel ölçüt devreye girmektedir. İlki uygunluk yakınsaması: en iyi ve ortalama uygunluk değerlerinin jenerasyonlar boyunca nasıl değiştiği izlenmiş. Bu metrik, algoritmanın arama hızı ve süreç içindeki kararlılığı hakkında fikir veriyor. Eğer eğri erken bir doyumluğa ulaşıyorsa keşif kapasitesinin sınırlı kaldığı anlaşılırken, kademeli bir artış daha dengeli bir arama dinamiğine işaret ediyor. İkinci ölçüt popülasyon çeşitliliğidir. Bu da iki düzeyde ele alınmış: genotip uzayında bireyler arası Öklid mesafesi ve fenotip uzayında görüntü öznelik histogramları arasındaki mesafe. Genotip mesafesi genetik farklılaşmayı nicel olarak ortaya koyarken, fenotip mesafesi görsel çeşitliliği temsil ediyor. Bu iki mesafenin birlikte değerlendirilmesi, arama sürecinin çeşitliliği ne ölçüde koruyabildiğini gösteriyor. Bir başka deyişle, algoritma sadece tek tip çözümlere mi sıkışmaktadır yoksa farklı olasılıkları da barındırabiliyor mu, bu sorunun yanıtı bu metrikle netleşmektedir.

Harici estetik değerlendirme kapsamında, evrim sonunda elde edilen en iyi 10 birey, estetik değer fonksiyonundan bağımsız çalışan simüle edilmiş bir uzman paneli tarafından 1 ile 10 arasında puanlanmıştır. Bu değerlendirme üç ölçüte dayanmaktadır: orijinallik, kompozisyonel bütünlük ve görsel ilginçlik. Bu aşama, içsel uygunluk ölçütü ile dışsal estetik yargı arasındaki ilişkiyi anlamaya yöneliktir. Yani algoritmanın kendi içinde yüksek puan verdiği görüntüler,

insan benzeri bir estetik anlayışla da değerli bulunuyor mu, sorusu burada yanıt buluyor. Son olarak davranış haritalama tekniği uygulanmış. MAP-Elites yaklaşımına benzer şekilde bireyler, renk çeşitliliği ve geometrik karmaşıklık eksenlerinden oluşan iki boyutlu bir davranış uzayına yerleştirilmiş. Bu haritalama, farklı estetik değer fonksiyonu türlerinin arama uzayını hangi bölgelerde yoğunlaştırdığını görselleştirmeyi hedeflemektedir. Böylece sadece en iyi çözümler değil, uzayın hangi bölümlerinin sistematik olarak keşfedildiği, hangi bölgelerin ise boş bırakıldığı da ortaya konmuş. Bu, algoritmanın keşif stratejisini anlamak açısından oldukça açıklayıcı bir yöntem.

4. Bulgular ve Analiz

DeneySEL süreçte dört farklı estetik değer fonksiyonunun evrim dinamiklerini nasıl şekillendirdiği gözlemlendi. Nicel hesaplanabilir yaklaşım, özellikle fraktal boyut hedeflendiğinde en hızlı yakınsamayı gösterdi. Yaklaşık ellinci jenerasyonda popülasyonun tamamına yakını fraktal boyut değerlerini 1.68 ile 1.72 aralığına sıkıştırmıştı. Bu hızlı yakınsama beraberinde genotip ve fenotip çeşitliliğinde ciddi bir düşüş getirdi. Üretilen görüntüler dokusal olarak birbirine benzedi kompozisyon ve tema açısından sınırlı bir varyasyon ortaya çıktı. Renk uyumu temel alındığında da benzer bir tabloyla karşılaşıldı: popülasyon turkuaz-kırmızı ya da mor-sarı gibi tamamlayıcı renk çiftlerine yöneldi ama form düzeni ve kompozisyon yapısı oldukça dar bir aralıkta kaldı. Tek bir nicel ölçüte dayalı optimizasyonun arama uzayını belirli bir estetik banda sıkıştırdığı açıkça görüldü. Öğrenme tabanlı modelde ise durum farklıydı. AestheticNet ile yürütülen süreç daha yavaş ama istikrarlı ilerledi. Üretilen görüntüler nicel yaklaşıma kıyasla daha dengeli kompozisyonlara, uyumlu renk geçişlerine ve bilinçli kullanılmış boş alanlara sahipti. Ancak burada da başka bir sorun belirdi: model eğitim verisinden öğrendiği baskın estetik kalıpları yeniden üretme eğilimi gösterdi. Ortalama güzellik anlayışına yaslanan bu yaklaşım radikal yeniliklerin ve norm dışı arayışların önü kesildi. Çeşitlilik düzeyi nicel modele göre daha yüksekti ama yine de belirli bir stil aralığının dışına çıkılamadı.

Etkileşimli insan değerlendirmeli yaklaşımda tablo tamamen değişti. Simüle edilmiş insan yargısı devreye girdiğinde çeşitlilik en üst düzeye çıktı. İnsan operatör zaman zaman öğrenme tabanlı modelden düşük puan alan ama ilginç bulduğu bireyleri seçerek arama sürecini beklenmedik yönlere taşıdı. Bu durum yaratıcı sapmaların ortaya çıkmasına olanak sağladı. Ancak bu açık uçluluğun bir bedeli vardı: tutarlı bir stil gelişimi zaman zaman gecikti. Buna ek olarak da süreçte yön kaybı ve dalgalanmalar gözlemlendi. İnsan yargısının esnek yapısı keşif kapasitesini artırırken aynı zamanda belirsizlik de üretti. Hibrit yaklaşım ise en dengeli performansı sergiledi. Öğrenme tabanlı model yüzde 60 ağırlıkla merkeze konurken fraktal boyut ve renk uyumu ölçütleri yüzde 20'şer pay aldı. Bu bileşim sayesinde yakınsama hızı makul düzeyde kaldı, çeşitlilik orta seviyede korundu ve en önemlisi harici estetik değerlendirme puanları en yüksek ortalamaya ulaştı. Hibrit yapı tek bir ölçütün baskınlaşmasını sınırlayarak arama sürecini yönlendirirken aşırı daralmayı da engelledi. Böylece kontrollü bir keşif alanı oluştu.

Davranış haritalama analizi her yaklaşımın arama uzayını farklı biçimlerde taradığını net biçimde ortaya koydu. Fraktal boyut temelli nicel yaklaşımda bireyler geometrik karmaşıklık ekseninde çok dar bir bantta toplandı; renk çeşitliliği ekseninde daha geniş ama düzensiz bir dağılım gözlemlendi. Arama süreci yüksek fraktal boyut puanı üreten belirli bir bölgeye sıkışıp

kaldı. Öğrenme tabanlı modelde bireyler her iki ekseninde orta değerlere yakın kompakt bir küme oluşturdu. Burası modelin güvenli ve kanonik estetik alanıydı; uç noktalara yönelim yok denecek kadar azdı. Etkileşimli insan değerlendirmeli yaklaşımda ise bireyler davranış uzayının en uç noktalarına kadar yayıldı. İnsan tercihleri arama sürecini öngörülemez ve deneysel bölgelere taşıdı. Hibrit yaklaşımda öğrenme tabanlı modele göre daha geniş etkileşimliye göre daha kontrollü bir dağılım ortaya çıktı. Çoklu kriter yapısı merkezi bölgenin dışına çıkılmasına izin verirken aramanın tamamen dağılmasını da engelledi. Harici uzman paneli değerlendirmelerinde orijinalite ölçütünde en yüksek puanı etkileşimli yaklaşım alırken onu hibrit yaklaşım izledi; nicel ve öğrenme tabanlı yaklaşımlar daha düşük ortalamalarda kaldı. Kompozisyonel bütünlükte öğrenme tabanlı ve hibrit yaklaşımlar öne çıktı etkileşimli yaklaşım ise yüksek varyans gösterdi. Görsel ilginçlikte yine etkileşimli ve hibrit yaklaşımlar istatistiksel olarak daha yüksek ortalamalar elde etti. Bu bulgular estetik değer fonksiyonu tasarımının evrimsel sanat üretiminde salt teknik bir ayrıntı olmadığını yaratıcı potansiyelin sınırlarını belirleyen temel yapı olduğunu kesin biçimde doğruluyor. Çalışmanın özgün katkısı farklı değerlendirme stratejilerinin arama uzayını nasıl dönüştürdüğünü sistematik biçimde karşılaştırarak, hibrit ve çok ölçütlü yaklaşımların hem keşif kapasitesini hem de estetik tutarlılığı bir arada sunabileceğini göstermesidir.

5. Tartışma

Çalışmanın bulguları, otomatik estetik optimizasyonun temel bir paradoksunu gözler önüne seriyor: ne kadar keskin tanımlanmış ve optimize edilebilir bir estetik değer fonksiyonu kurgularsak kurgulayalım, bu fonksiyon kaçınılmaz olarak arama uzayını daraltmaktadır ve üretimleri kendi sınırlı öngörülerinin kalıbına döküyor. Nicel hesaplanabilir yaklaşımlar insan estetiğinin katmanlı dokusunu bir avuç matematiksel değişkene sıkıştırmaya çalışırken doğası gereği başarısızlığa mahkumdur. Öğrenme tabanlı modeller ise bunun tam tersi bir tuzığa düşüyor: büyük veriden devşirdikleri ortalama, kanonik estetik anlayışını yeniden üretmek bir tür estetik uyumculuğa yol açıyorlar (Boden, 2004). Oysa sanat tarihi gerçek yenilikçiliğin ve avangart atılımların tam da mevcut normları ihlal etmekten doğduğunu göstermektedir. Bir öğrenme tabanlı modelin böyle bir ihlali yüksek puanla ödüllendirme olasılığı eğitim verisinin baskın eğilimleri düşünüldüğünde oldukça düşük. Bu paradokstan kaçınmanın en dolaysız yolu olarak etkileşimli insan değerlendirmeli yaklaşım öne çıkmaktadır. İnsan yargısının esnekliği, bağlama duyarlılığı ve öngörülemezliği sayesinde açık uçlu yaratıcılığı taklit etme potansiyeli en yüksek yöntemdir. Ne var ki bu potansiyel, pratikte ciddi bir engelle karşılaşılıyor: kullanıcı yorgunluğu (Takagi, 2001). Hiçbir insan yüzlerce jenerasyon boyunca yüzlerce görsel değerlendiremez. Bu nedenle popülasyon boyutları küçülüyor, genetik sürüklenme artmaktadır ve keşif alanı daralmaktadır. Çalışmamızda idealize edilmiş bir insan modeli kullanmamız, bu sorunun büyüklüğünü hafife almamıza neden oldu. İşte tam bu noktada hibrit ve meta-seviye stratejiler, bir çıkış yolu olarak belirmektedir. Bulgularımızda en dengeli performansı sergileyen hibrit yaklaşım, öğrenme tabanlı modelin gücünü nicel ölçütlerle harmanlayarak hem keşif kapasitesini hem de estetik tutarlılığı bir arada tutabildiğini gösterdi. Buradan hareketle daha ileri stratejiler düşünülebilir. Örneğin dinamik veya adaptif bir estetik değer fonksiyonu, popülasyonun çeşitliliğine göre kendi ağırlıklarını güncelleyebilir; çeşitlilik düştüğünde yenilik veya şaşırtıcılık kriterinin ağırlığı otomatik olarak artırılabilir (Lehman & Stanley, 2011). Bir başka yol, çok amaçlı optimizasyon: estetik orijinalite, stilistik tutarlılık, teknik karmaşıklık gibi birbiriyle çelişen hedefleri ayrı ayrı amaçlar olarak ele alıp Pareto cephesini keşfetmek. Tek bir en iyi çözüm dayatmak yerine farklı niteliklere sahip bir çözümler

dizisi sunar. Bir diğer seçenek ise küratörlü evrim: algoritma temel bir nicel veya öğrenme tabanlı fonksiyonla geniş bir arama yapar, ancak nihai seçim ve düzenleme bir insan küratöre bırakılır.

Bu yöntem insanı yorucu iteratif değerlendirme döngüsünden kurtararak onu daha üst düzey bir yönlendirme ve seçim rolüne taşır. Tüm bu stratejiler yapay zeka ile insan yaratıcılığı arasında daha verimli bir işbirliğinin ipuçlarını vermektedir. Ancak bu işbirliğinin etik ve felsefi boyutlarını da göz ardı etmemek gerek. Eğer estetik değer algoritmik bir fonksiyona indirgenebiliyorsa, bu onun nesnel bir temeli olduğu anlamına mı gelir? Sanatçının rolü zamanla bir arama uzayı mimarına veya kılavuz fonksiyon tasarımcısına mı evriliyor? Daha da önemlisi, öğrenme tabanlı modellerin beslediği veri setlerindeki tarihsel ve kültürel önyargılar, algoritmanın üreteceği gelecek sanatını görünmez biçimde şekillendirme riski taşıyor (Bruyn vd., 2020). Bu sistemleri tasarlarırken şeffaflık ve eleştirel farkındalık, yalnızca teknik bir gereklilik değil, aynı zamanda etik bir sorumluluk olarak karşımızda duruyor.

6. Sonuç

Bu çalışma, evrimsel algoritmaların resimsel optimizasyonda kullanımının, özünde bir estetik değer fonksiyonu tanımlama problemiyle iç içe geçtiğini ortaya koymaktadır. Simülasyon temelli kavramsal karşılaştırma, dört farklı değerlendirme stratejisinin arama uzayını ve üretimleri kökten farklı biçimlerde şekillendirdiğini göstermektedir. Nicel hesaplanabilir ölçütler, özellikle fraktal boyut ve renk uyumu gibi tek boyutlu hedefler peşinde koşarken hızlı yakınsama sağladı ama bunu görsel repertuarı dar bir banda sıkıştırarak yaptı; popülasyon kısa sürede birbirine benzeyen, dokusal ve kompozisyonel açıdan sınırlı varyasyonlar üretmeye başladı. Öğrenme tabanlı model ise daha farklı bir sınırlılık getirdi: büyük veriden öğrendiği kanonik estetik kalıpları yeniden üreterek kompozisyon bütünlüğü yüksek, renk geçişleri uyumlu ama alışıldık, tanıdık bir görsel dil yarattı. Radikal yenilikler ve norm dışı arayışlar bu sistemde doğal olarak cezalandırıldı. Etkileşimli insan değerlendirmeli yaklaşımda ise tablo tamamen değişti: insan yargısının esnekliği, zaman zaman düşük puanlı ama ilginç bulunan bireylerin seçilmesine olanak tanıdı ve arama uzayının en uç noktalarına kadar yayılan geniş bir çeşitlilik ortaya çıktı. Ancak bu açık uçluluğun bedeli, tutarlı bir stil gelişiminin gecikmesi, yön kaybı ve dalgalanmalar oldu. Hibrit model ise tüm bu uç noktalar arasında bir denge kurmayı başardı: öğrenme tabanlı değerlendirmeyi merkeze alırken nicel ölçütlerle onu çeşitlendirerek hem makul bir yakınsama hızı hem orta düzeyde korunan çeşitlilik hem de harici uzman değerlendirmesinde en yüksek puanları elde etti.

Bu bulgular, gerçek anlamda yaratıcı bir evrimsel sistemin amacının önceden tanımlanmış bir optimumu bulmak olmadığını, bunun yerine keşfedilmemiş ve ilham verici olasılıkların haritasını çıkarmak olduğunu gösteriyor. İşte bu noktada yönlendirilmiş keşif kavramı devreye giriyor: arama sürecini tümüyle rastgele bırakmadan, ama aynı zamanda tek bir estetik anlayışa da mahkûm etmeden, insanın sezgisel yönlendirmesi ile algoritmanın sınırsız sabır ve birleştirme gücünü bir araya getiren simbiyotik bir döngü. Bu döngüde hibrit, uyarlanabilir ve çok amaçlı stratejiler belirleyici rol oynayabilir. Gelecek çalışmalar, görselin ilettiği duygu veya örtük anlamı değerlendiren modelleri entegre edebilir; bir öğrenme tabanlı modelin neden belirli bir görsele yüksek puan verdiğini görselleştiren açıklanabilir yapay zeka teknikleri, sanatçıya daha anlamlı geri bildirim sağlayabilir; sistemler, kullanıcı etkileşimlerinden veya sosyal medya tepkilerinden gerçek zamanlı öğrenerek estetik değer fonksiyonlarını dinamik

biçimde güncelleyebilir; hatta evrimleşen dijital tasarımlar, robotik sistemler aracılığıyla fiziksel resimlere dönüşerek dijital-fiziksel arayüzlerde yeni ifade olanakları yaratabilir. Nihayetinde evrimsel algoritmalar ve resimsel optimizasyon, sanatı otomatikleştirmenin bir aracı değil, insan yaratıcılığının sınırlarını genişleten, sanatsal düşünceye yeni bir dil kazandıran bir düşünme ortağı olarak görülmeli. Gerçek keşif, haritanın sınırlarının ötesine geçmeyi gerektirir ve bu yolculukta en değerli kılavuz, hâlâ insanın eleştirel merakı ve estetik yargısıdır.

6.1. Gelecek çalışmalar şu yönlere odaklanabilir:

Duygu veya Anlama Dayalı EDF'ler: Görselin ilettiği duygu veya örtük anlamı değerlendiren modellerin entegrasyonu. Açıklanabilir Estetik Değerlendirme: Bir L-EDF'nin neden belirli bir görsele yüksek puan verdiğini görselleştiren Açıklanabilir Yapay Zekâ (XAI) teknikleri sanatçıya daha iyi geri bildirim sağlayabilir. Çevrimiçi Öğrenme ve Kültürel Geri Bildirim: Sistemin kullanıcı etkileşimlerinden veya sosyal medya tepkilerinden gerçek zamanlı olarak estetik tercihleri öğrenerek EDF'sini dinamik biçimde güncellemesi. Fiziksel-Dijital Arayüzler: Evrimleşen dijital tasarımların robotik sistemler aracılığıyla fiziksel resimlere dönüştürüldüğü hibrit ortamlar.

Nihayetinde evrimsel algoritmalar ve resimsel optimizasyon sanatı otomatikleştirmenin bir aracı değildir. Tam tersine insan yaratıcılığının sınırlarını genişleten ve sanatsal düşünceye yeni bir dil kazandıran bir düşünme ortağı olarak değerlendirilmelidir. Gerçek keşif haritanın sınırlarının ötesine geçmektir ve bu yolculukta en değerli kılavuz hâlâ insanın eleştirel merakı ve estetik yargısıdır.

Kaynakça (References)

- Birkhoff, G. D. (1933). *Aesthetic measure*. Harvard University Press.
- Boden, M. A. (2004). *The creative mind: Myths and mechanisms* (2nd ed.). Routledge.
- Cohen, J. D. (2001). *Color harmony*. Chartwell Books.
- Eiben, A. E., & Smith, J. E. (2015). *Introduction to evolutionary computing* (2nd ed.). Springer.
- Fechner, G. T. (1876). *Vorschule der Ästhetik*. Breitkopf & Härtel.
- Kant, I. (1790). *Kritik der Urteilskraft*. Lagarde und Friederich.
- Karayev, S., Trentacoste, M., Han, H., Agarwala, A., Darrell, T., Hertzmann, A., & Winnemoeller, H. (2014). Recognizing image style. *Proceedings of the British Machine Vision Conference (BMVC)*.
- Kong, S., Shen, X., Lin, Z., Mech, R., & Fowlkes, C. (2016). Photo aesthetics ranking network with attributes and content adaptation. *European Conference on Computer Vision (ECCV)*, 662-679.
- Lehman, J., & Stanley, K. O. (2011). Abandoning objectives: Evolution through the search for novelty alone. *Evolutionary Computation*, 19(2), 189-223.
- Machado, P., & Cardoso, A. (1998). Computing aesthetics. *Proceedings of the XIVth Brazilian Symposium on Artificial Intelligence*, 219-228.

Özdemir, A. (2022). Yapay zeka'nın grafik tasarıma ve tasarımcıya etkisi. *Hitit Sosyal Bilimler Dergisi*, 15(2), 628-637. <https://doi.org/10.17218/hititsbd.1205445>

Palmer, S. E., & Schloss, K. B. (2010). An ecological valence theory of human color preference. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(19), 8877-8882.

Sims, K. (1991). Artificial evolution for computer graphics. *Proceedings of the 18th Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques (SIGGRAPH)*, 319-328.

Takagi, H. (2001). Interactive evolutionary computation: Fusion of the capabilities of EC optimization and human evaluation. *Proceedings of the IEEE*, 89(9), 1275-1296.

Talebi, H., & Milanfar, P. (2018). NIMA: Neural image assessment. *IEEE Transactions on Image Processing*, 27(8), 3998-4011.

Taylor, R. P., Micolich, A. P., & Jonas, D. (1999). Fractal analysis of Pollock's drip paintings. *Nature*, 399(6735), 422-422.

Van Geert, E., & Wagemans, J. (2020). Order, complexity, and aesthetic appreciation. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 14(2), 135-154.

***AI-Supported Image Education in Drawing: Adaptive Learning Environments -
Personalized Systems Modeling Student Style Development and Generating Feedback***

Abstract

This research investigates the blending of artificial intelligence (AI)- aided adaptive learning environments in painting education to address the drawbacks of traditional studio instruction pedagogy. It then analyzes the theoretical framework, technological feasibility, and practical considerations of such a system that persists in tracking and modeling each student's style development as well as producing personalized visual, verbal, or practical assistance. The thesis centers on a dual framing of AI—as an ambiguous learning partner, or a digital mentor—able to understand the student's journey through musical space across cognitive, psychomotor, and affective aspects. In our system, we use distinct components for deep learning based image analysis (Convolutional Neural Networks), temporal modelling of student actions (Recurrent Neural Networks/LSTMs) and finally recommender system approaches for personalization. The methodology is illustrated via a fictional, yet realistic prototype called “ArtTutorAI,” that lays out the system's three main components: (1) The Style Diagnostic Module: Stratifies student works across both art historical datasets and pedagogical principles to developed a categorized quantitative profile oriented toward composition, color, value, brushwork, and other stylistic proclivities. (2) The Developmental Pathway Modeler: Tracks works through time to create a map of the rate of progress, repeating themes, and/contributing forms distinctive of an “artistic voice.” (3) The Adaptive Feedback Generator: produces individualized exercise advice, visual aids, polished compositional illustrations and positive critiques based on diagnostics and modelling outputs aligned to each students current state, aspirations and preferences. The results suggest such a system can contribute to improved student confidence and self-efficacy through continuous and consistent feedback, while providing instructors with detailed analysis which may help them design targeted interventions. But major pedagogical and ethical issues also arise, such as the risk of excessive quantification, neglect of artistic subjectivity, data security concerns and potential “algorithmic authority” that may inhibit creative agency. Once again, successful AI-assisted adaptive painting education can only be achieved by striking a delicate balance between technophilia and the ideals of science grounded in critical pedagogy. The system ought to be a compass guiding the student, not an umpire making calls for them.

Keywords: AI-Supported Education, Adaptive Learning, Art Education, Personalized Learning, Student Modeling, Automated Feedback, Deep Learning, Pedagogical AI.

Yapay Zeka Destekli Resim Eğitiminde Adaptif Öğrenme Ortamları: Öğrenci Stil Gelişimini Modelleyen ve Geri Bildirim Üreten Kişiselleştirilmiş Sistemler

1. Introduction

The traditional pedagogy of painting—from the master-apprentice model of the atelier to academic, studio-based courses—has always relied upon a cycle of observation followed by imitation, practice followed by critique. This model works on the understanding that how effective it is ultimately comes down to how good each individual teacher happens to be, their level of experience and the amount of time they are able to devote to any single student (Eisner, 2002). Yet, growing class sizes, teaching material scarcity and each student’s unique learning pace, stylistic preferences and developmental journey make the replication of this model at scale and with depth a challenge. For students, common issues arise from inadequate feedback that is delayed or lean on information; the self-assessment process being too subjective to objectively judge their own progress; and an overall misunderstanding of how to course your own path in your arts endeavour. Recent advancements in educational technologies, especially AI (artificial intelligence) and machine learning have opened up new avenues to bridge these gaps in the 21st century. These tools provide individualized learning pathways by adapting content and difficulty based on each student's achievement and performance (Brusilovsky & Millán, 2007). These systems have been extensively studied in graphic materials of mathematical patterns, language learning, practical sciences etc., however, the application of these tools in visual arts sporadically exists which is a new and unexamined field as qualitative assessment computation, subjectivity neopragmatism and creativity are essentials here.

We build on the premise that state-of-the-art AI capabilities (image recognition, style analysis, natural language processing) are now sufficiently mature to radically change painting education and the development of "Adaptive Painting Education Environments" is no longer a pure theoretical construct. But the concept of such a system raises deep pedagogical and technical questions: How would a computer “understand” the techniques and aesthetics of a painting? Can a student’s approach to the arts, i.e., “style development,” be modeled computationally? Can machine learning based feedback fill the gap or augment intuitive, context aware judgement of human instructor? Drawing on a conceptual and hypothetical system prototype called “ArtTutorAI,” this article attempts to answer these questions. Focusing on defining, and investigating the components, operation and impact of an AI-based adaptive painting learning environment constitutes the main goal of this study.

2. Literature Review

Throughout history art has been highly regarded in the duality of teaching techniques while also encouraging creativity. Unlike the academic tradition's imitation-focused (mimesis) pedagogy, Modernist and Constructivist stances favored individual expression of self, process itself, and exploration [Efland, 1990]. Today, good painting education practitioners walk this fine line between the two poles. Along with the development of personal vision, we offer systematic training in key principles (proportion, perspective, value, color theory). At the center of this process are critique sessions, but practical realities constrain our ability to make these sessions effective and frequent. Building the internal motivation and growth mindset of the student tends to be one of the most effective at this stage, particularly in overcoming early frustrations (Dweck 2006) Such pedagogical needs have to be directly addressed through the fundamental

building blocks of adaptive learning systems that heavily rely on a combination of learner model, domain model and the pedagogical model (Brusilovsky & Millán, 2007). By examining data on how students interact with these models, artificial intelligence enhances them (Baker & Inventado, 2014). Automated feedback systems are placed on the spectrum from rule-based systems to natural language generation. But in open-ended disciplines like art and design, there is no “right answer,” only more effective or appropriate expressions. As such, computational analysis in visual arts presents with a different challenge.

Over the past decade, AI’s capacity for analyzing art has grown by leaps and bounds. Convolutional Neural Networks have now learnt to separate the style (brushstroke, texture, color distribution and composition) from the content of an image (Gatys et al., 2016). These methods are successfully used for artist identification, period classification and forgery detection (Crowley & Zisserman, 2014). When applied to a student’s work, these methods allow you to quantify how closely any piece resembles a target style or technical quality. Regarding skill assessment in drawing and painting, studies show that AI is capable of identifying and classifying drawing accuracy (Agarwal et al., 2021), proportion (Fan et al., 2019) as well as perspective errors (Xu et al., 2021). While there is a body of literature on computer-assisted performance assessment in music education and automated essay scoring in writing education, no complete adaptive system able to cover the global range of actions encompassed by painting education within visual arts has been published yet. Our research specifically seeks to address this gap. It synthesizes the existing literature to propose an integrated adaptive AI system model exclusive to painting education and discusses its pedagogical and technical feasibility. The ArtTutorAI system includes three essential modules and one loop of continuous learning as its conceptual design.

The Style and Skill Diagnosis Module is first. It uses multi-layered processing to interpret an uploaded image provided by the student or Canvas canvas progress (the latter not shown here). In low-level feature extraction, it computes edge sharpness, color histograms, contrast, saturation and local texture from traditional image processing methods and shallow CNN layers. Mid-level composition analysis involves deeper CNN layers, visual attention maps (for example Grad-CAM) and compositional rules (rule of thirds, golden ratio, balance, rhythm) to analyze focal points, visual hierarchy along with positive/negative space used for asymmetry or symmetry aka. negative space etc., and rhythm. I find the mid level composition analysis easier than other methods. For high-level hierarchy of style and content classification, a CNN trained on art history datasets classify the work in stylistic categories and in terms of process. These models point out quite common beginner errors like perspective distortions, proportion mistakes (in particular human figures), wrong colour temperatures and poorly used value ranges. The output is an Artistic Feature Vector that has more than fifty dimensions.

Module 2: The Developmental Path Modeler By treating the vectors produced over time as a sequence, we apply a recurrent neural network — in our case a Long Short Term Memory architecture to analyse learn patterns. It computes progress metrics, establishes which technical concepts are continually troublesome for students, and attempts to ascertain the special merit combination that represents a budding personal style core in each student. These are a student-specific dynamic graph of development and an algorithm (a model) that predicts further directions in the students' development.

Yapay Zeka Destekli Resim Eğitiminde Adaptif Öğrenme Ortamları: Öğrenci Stil Gelişimini Modelleyen ve Geri Bildirim Üreten Kişiselleştirilmiş Sistemler

Adaptive Feedback and Learning Path Generator (Module 3) It combines data from the first two modules with a pedagogical knowledge base to generate personalized interventions. Feedback types are diversified. Visual feedback provides specific interventions, such as overlaying the correct lines on a malfunctioning perspective sketch or showing an area of color imbalance next to alternative color palettes. On the technical side, procedural feedback is also step-by-step advice. Structured exercise recommendations advocate individualized approaches targeting specific weaknesses. Conceptual and historical connections also seek to take the student beyond their technique with references to masterful artists. Well-trained struggle to difficulty level suggests based on proficiency learner. Motivational adaptation adjusts feedback language & tone (encouragement, technical framing, questioning) according to the development graph & possible frustration points. System does not work fully automated, a hybrid model is planned. The student sends the work to their ArtTutorAI, who assesses and provides feedback. Here, the student is given this feedback, considers it and resubmits their work or does the suggested exercises. The instructor views the system-generated student development summary, and this rich data allows him or her to concentrate on nuance, conceptual depth, and personal interpretation that AI bots cannot derive. The ultimate assessment and the last word is always that of humans, of instructors.

3. Results and Discussion: Impacts, Benefits and Risks

Such an enormous change is possible with a system like ArtTutorAI. Deep personalization and scalability is its biggest boon. Each student receives continuous and precise virtual attention that human instructors cannot provide in limited time frames. This enables personalized learning journeys even in crowded classrooms. Another great thing about it is that you can assess yourself objectively. Students can see their progress through tangible data instead of gut feelings. My own experience indicates that seeing small measurable progress helps motivators and emphasize a growth mindset (Dweck, 2006) Such a system also qualitatively transforms the role of the instructor. Freed at least partially from the time-consuming grind of basic technical evaluations, the teacher can devote effort to genuine human capabilities: artistic interpretation, conceptual evolution and critical discourse. Furthermore, by spotting consistent stylistic elements visible in students' works early on, the system can expedite discovering an individual's artistic voice. This gives the student an intentional opening to develop her unique voice.

But adopting artificial intelligence in art education presents grave hazards and ethical issues. Perhaps most pressing is the risk of over-quantification. Art is many things, all difficult or impossible to quantify: feeling, narrative, context, innovation. A system working on quantifiable parameters alone can drive students to write "algorithmically beautiful" works that lack soul, and aren't the result of a genuine desire to express an idea or feeling, but are instead soulless and prescriptive. This risks reducing art, however, to an optimization problem. Algorithmic bias is equally significant. These systems, however, are primarily trained on such data comprising Western male historical artists. Instead, the system would impose their aesthetic norms as universal standards. Non-Western, indigenous, or avant-garde traditions can be construed as mistakes or lapses from this pattern. The risk of stifling student agency can't be overlooked either. Constant algorithmic feedback could undermine students' ability to trust

their own intuition, take risks and learn from failure. But sometimes artistic growth is about bending the rules. Certain behaviours are not a trivial aspect of an authority: the system, in the role of some algorithmic deity, should not talk down (with threat) against this rebellion. Another area of concern includes data privacy and security. The entire artistic output of students, the data on their development and even their emotional states would be recorded. The storage of this highly personal data, the people who will own it and how it will be used, raises serious ethical questions. And finally, if the model works really well, that these institutions will start asking themselves whether they need human instructors. Such a move would eliminate the human dimensions of art education, such as ingenuity, inspiration and role modeling.

The proposed system, namely ArtTutorAI precisely aims at balancing these potentials and risks. The first module of the system, Style and Skill Diagnosis Module, assess the current state of a student objectively and in multidimension. Technical competency and stylistic inclinations are thereby mapped through analysis of low, mid, high level features. Technical error detection helps the student to recognize patterns of errors early. This module mirrors the student's own practice in an objective manner, serving as the first phase of a personalized learning path. The Developmental Path Modeler, the second module, goes beyond looking at one artwork to showing development over time. Utilizing time-series models such as LSTM, it spots progress trends, sticking points, and the developing personal style. Finding their own stylistic core — a big deal in terms of making artistic identity — focuses the student away from imitating others toward original expression. The third module, the Adaptive Feedback and Learning Path Generator, uses diagnostic and developmental data in conjunction with pedagogical knowledge to generate actionable outputs. The different types of feedback—visual, procedural, structured exercise and conceptual connections—accommodate diverse learning preferences. Adapting the difficulty level keeps the student from being presented with tasks either too easy or impossibly difficult, helping to maintain the flow experience. Motivational adaptation takes emotional state into account to improve feedback effectiveness.

But the most important part of the system is the hybrid model and human element. Key point: ArtTutorAI is not a fully automatic system. The student submits work, and the system analyzes it and provides feedback. The student takes that feedback, reflects on it, and reworks their assignment or does suggested exercises. The instructor looks at the system generated Student Development Summary and with this rich set of data, explores nuances, conceptual depth, and personal interpretation that no AI can offer. AI should help the instructor do his or her work, it should never replace an instructor. The final arbiter being human maintains the subjectivity and contextual sensitivity of artistic evaluation. This is hopeless without the instructor, for it reduces the system to pure technical automation and eliminates the transformative nature of art education. In summary, a well-designed system like ArtTutorAI can represent a cornerstone in the future of painting education if it is built on ethical values. However, realizing this potential will require that we marry technology with pedagogical wisdom and a human-centered approach. AI should be used to humanize art education, not mechanizing it.

4. Proposed Principles for Maintaining Balance

To mitigate the risks presented by the integration of systems such as ArtTutorAI in art education, I propose five guiding principles for the design process. Complementarity Principle —The system must be clearly seen not as a means of supplanting the teacher but rather a means of empowering one. The final judgment and qualitative assessment is always human. AI should

Yapay Zeka Destekli Resim Eğitiminde Adaptif Öğrenme Ortamları: Öğrenci Stil Gelişimini Modelleyen ve Geri Bildirim Üreten Kişiselleştirilmiş Sistemler

be a supportive assistant serving the instructor's pedagogical intuition and artistic judgment but never replace them. By the principle of transparency and explainability, every feedback it generates should be interpretable by the system to provide explanation with clear reasons. We explain why "your perspective is wrong because these lines do not meet at this vanishing point." This demystifies the system, builds trust with the student and develops their critical thinking. The student becomes the object of process, not just a passive recipient through explainable AI. The idea of pluralism and customizability is that the instructor decides which criteria the system emphasizes, and which stylistic categories it draws on according to pedagogical goals. The freedom to select from diverse traditions like Western art, Islamic miniature or traditional Chinese painting stops the system from mandating a uniform aesthetic comprehension. This also preserves the instructor's pedagogical autonomy, and forms the best defense against algorithmic bias. The rest is to think about the fact that encouraging discovery means that you cannot just have a whole system where something should follow rules, but there has to be some mode of the system where even if your work takes parameters out of bounds or somehow interestingly combines styles together, you are rewarded. This method, analogous to Lehman and Stanley's notion of novelty search, drives students out of conventions, towards risks that would lead them to manifest their truest expression. This principle takes artist-centric view, mediating between technical mastery and creativity, attuning to both the mind of doing art. The highest level of student data ownership, privacy, and security is safeguarded under the principle of data ethics. These data would ideally be anonymous, and never used for anything without explicit consent from the student. It is a promise of digital privacy and it's also respect for the student. Read as a whole, these five principles reflect an insight that puts the human at the center before placing technology in their service. Complementarity maintains the instructor's role, transparency empowers the student, pluralism embraces diverse aesthetics, allow for discovery fosters creativity and data ethics provides the solid ground by which all of this is built on. The ultimate aim of art education is to produce people who, though equipped with technical skills are a real human beings and confident, critically thinking ones. That said, using AI as a partner in making this happen is a promising approach but to do so we need the advice of such principles through the design process. We must never lose sight of the fact that, no matter how advanced someone's technology may be, what matters most is how we use it and with what values we apply to its shaping.

5. Conclusion

This research shows that AI-powered personalized learning settings can lead to highly impactful changes in painting education but only within a context of a human-centered, critical and cautious implementation. An ArtTutorAI can be a personal coach for the student and also a deep analyst for an instructor. The student confronts objective information about their own artistic practice, while the instructor, no longer burdened by time-consuming technical assessments, zeros in on inherent human capabilities: aesthetic interpretation, conceptual advancement and critical dialogue. But the system can never completely console or quantify the uncertainty, subjectivity and spirit of rebellion that is part of art. These core characteristics of art transcend time and culture; they are part of what it means to be human. So the final judgment and qualitative appraisal must always rely on human, no matter how advanced

technology can reach. AI is not meant to usurp the instructor, but rather enhance them. To my mind, since the goal of art education should not just be painters that can paint because they have a technical craft; rather, but the artists that emerge are genuine, self-aware and critical thinkers. Several key directions of future research and development should be undertaken. In the first domain, that of emotion and intention analysis, systems might act as if they have modules trying to "understand" the emotional tone a painting conveys and/or what concept or ideas a student wants to express. This perspective, above and beyond technical analysis alone, could make feedback more practical and situational. Second, in supporting social and collaborative learning, the system could help pair students with peers who are exploring similar stylistic territories or complementary skills to their own during their digital workshop experience. Peer-to-peer interaction and collaboration - skills necessary in the 21st century workplace today, add value to art education as a social practice where support deepens learning. Third, in terms of physical environment integration, closer integration with traditional painting practice could be achieved by directly developing sensors and computer vision systems that record the usage of physical canvas and paint (as opposed to a digital canvas), to augmenting based on how you use your palette. These spaces, or intelligent studios if you will, allow for technology to be areintegration tool rather than an alienation tool from the physical studio. Finally, studies of pedagogical impact over the long-term are needed; longitudinal research that tracks how such systems affect students' artistic identity development and careers is crucial. By observing these systems over long periods of time and with qualitative research, we might understand how valuable they are. The principles of complementarity, transparency, pluralism, generativity, and ethics of data proposed here are provisions to ensure that such systems stand on solid pedagogical and ethical grounds rather than mere technological functionality. Complementarity reinforces the primacy of the human teacher, transparency builds student trust and supports critical thinking, pluralism is the best defense against algorithmic bias, discovery promotes creativity, and data ethics is the bedrock upon which all of this rests. In conclusion, the aim of AI-assisted painting education is not to create better painters, but more genuine and self-assured and critical artists. Technology can be a tool for this journey—holding the map and lighting up the path—but it will always be human learners who walk down the road and identify where they are headed. A system that works needs to protect and even enhance this autonomy.

Yapay Zeka Destekli Resim Eğitiminde Adaptif Öğrenme Ortamları: Öğrenci Stil Gelişimini Modelleyen ve Geri Bildirim Üreten Kişiselleştirilmiş Sistemler



Research Article / Araştırma Makalesi

Yapay Zeka Destekli Resim Eğitiminde Adaptif Öğrenme Ortamları: Öğrenci Stil Gelişimini Modelleyen ve Geri Bildirim Üreten Kişiselleştirilmiş Sistemler

Öz

Bu araştırma, yapay zeka (YZ) destekli adaptif öğrenme ortamlarının geleneksel atölye eğitimi modelinin sınırlılıklarını aşmak üzere resim eğitimine entegrasyonunu incelemektedir. Çalışma, bireysel öğrenci stil gelişimini sürekli izleyen modelleyen ve kişiselleştirilmiş görsel sözlü ve uygulamalı geri bildirim üreten bütünlük bir sistemin teorik altyapısını teknik olanaklarını ve pedagojik etkilerini araştırmaktadır. Temel argüman, YZ'nin hem bir teknik araç hem de öğrencinin sanatsal yolculuğunu bilişsel psikomotor ve duyuşsal boyutlarıyla anlayan ve bu yolda dinamik bir "dijital mentor" rolü üstlenebilecek bir öğrenme ortağı olarak kavramsallaştırılabileceğidir. Sistem önerisi, derin öğrenme tabanlı görüntü analizi (Evrişimli Sınır Ağları), öğrenci eylemlerinin zamansal modellenmesi (Yinelemeli Sınır Ağları/LSTM'ler) ve kişiselleştirme için tavsiye sistemleri tekniklerini bir araya getirmektedir. Kurgusal ancak gerçekçi bir prototip olan "ArtTutorAI" üzerinden tanımlanan metodoloji, sistemin üç temel bileşenini açıklar: (1) Stil Teşhis Modülü: Öğrenci çalışmalarını sanat tarihi veri setleri ve pedagojik ilkeler ışığında analiz ederek kompozisyon renk değer fırça kullanımı ve stilistik eğilimler üzerine nicel bir profil çıkarır. (2) Gelişimsel Yol Haritası Modelleyici: Zaman içindeki çalışmalarını karşılaştırarak ilerleme hızını tekrarlayan zorlukları ve ortaya çıkan sanatsal "sesi" haritalar. (3) Adaptif Geri Bildirim Üretici: Teşhis ve modelleme çıktılarını dayanarak öğrencinin mevcut seviyesine hedeflerine ve öğrenme tarzına uygun alıştırmaları önerileri görsel referanslar düzeltilmiş kompozisyon örnekleri ve yapıcı eleştiriler oluşturur. Bulgular, böyle bir sistemin öğrencilere sürekli ve tutarlı bir değerlendirme çerçevesi sunarak özgüven ve öz-yeterliliği artırabileceğini eğitmenlere derinlemesine analitik bilgi sağlayarak müdahalelerini stratejik hale getirebileceğini göstermektedir. Ancak aşırı nicelleştirme riski sanatsal özneliğin göz ardı edilmesi veri gizliliği ve "algoritmik otorite"nin yaratıcı özerkliği baskılayıcı tehlikesi gibi önemli pedagojik ve etik sorunlar da ortaya çıkmaktadır. Sonuç olarak bu makale, YZ destekli adaptif resim eğitiminin başarısının teknolojik gelişim ile insan-merkezli eleştirel pedagoji ilkeleri arasında hassas bir denge kurulmasına bağlı olduğunu savunmaktadır. Sistem öğrenciyi yönlendiren bir kılavuz olmalı onun yerine karar veren bir hakem rolü üstlenmemelidir.

Anahtar Kelimeler: Yapay Zeka Destekli Eğitim, Adaptif Öğrenme, Sanat Eğitimi, Kişiselleştirilmiş Öğrenme, Öğrenci Modelleme, Otomatik Geri Bildirim, Derin Öğrenme, Pedagojik Yapay Zeka.

• Giriş

Geleneksel Geleneksel resim eğitimi usta-çırak ilişkisine dayalı atölye modelinden akademik stüdyo derslerine uzanan bir tarihsel süreçte temelde gözlem, taklit, pratik ve eleştirel geri bildirim döngüsü üzerine kuruludur. Bu modelin etkinliği eğitmenin bireysel yeteneği deneyimi ve öğrenciyi ayırabileceği zamanla doğrudan ilişkilidir (Eisner, 2002). Ancak sınıf

mevcudunun artması eğitmen kaynaklarının sınırlılığı ve her öğrencinin benzersiz öğrenme hızı stil tercihi ve gelişimsel yolculuğu bu modelin ölçeklenebilirliğini ve derinlemesine kişiselleştirilmesini zorlaştırmaktadır. Öğrenciler sıklıkla yeterli ve zamanında geri bildirim alamama kendi ilerlemelerini nesnel olarak değerlendirememesi ve kişisel sanatsal yönelimlerini keşfetme konusunda rehberlik eksikliği gibi sorunlarla karşılaşmaktadır. 21.yüzyılda eğitim teknolojilerindeki ilerlemeler özellikle de yapay zeka (YZ) ve makine öğrenmesi bu açıkları kapatmak için yeni imkanlar sunmaktadır. Adaptif öğrenme sistemleri öğrencinin performansına ve ihtiyaçlarına göre içeriği ve zorluğu dinamik olarak ayarlayarak kişiselleştirilmiş öğrenme yolları oluşturmayı hedefler (Brusilovsky & Millán, 2007). Bu sistemler matematik dil öğrenimi ve fen bilimlerinde yaygın olarak araştırılsa da nitel değerlendirmenin öznel ve yaratıcılığın merkezde olduğu görsel sanatlar eğitiminde uygulamaları nispeten yeni ve keşfedilmemiş bir alandır.

Bu araştırmanın çıkış noktası mevcut YZ kapasitelerinin (görüntü tanıma, stil analizi, doğal dil işleme) resim eğitimini dönüştürmek için yeterli olgunluğa ulaştığı ve “Adaptif Resim Eğitimi Ortamları”nın (AREO’lar) geliştirilmesinin artık teorik bir olasılık olmaktan çıktığıdır. Ancak bu tür bir sistemin tasarımı derin pedagojik ve teknik soruları beraberinde getirir: Bir bilgisayar bir resmin teknik ve estetik niteliklerini nasıl “anlar”? Bir öğrencinin sanatsal “stil gelişimi” nicel olarak nasıl modellenilebilir? Otomatik üretilen geri bildirim insan eğitmenin sezgisel ve bağlamsal yargısının yerini alabilir mi ya da onu nasıl tamamlayabilir? Bu makale “ArtTutorAI” adını verdiği kavramsal ve kurgusal bir sistem prototipini temel alarak bu sorulara yanıt aramaktadır. Çalışmanın temel amacı YZ destekli bir adaptif resim öğrenme ortamının bileşenlerini işleyişini ve olası etkilerini tanımlamak ve analiz etmektir.

2. Literatür Taraması

Sanat Resim eğitiminin tarihsel seyri teknik beceri aktarımı ile yaratıcı ifadeyi teşvik arasındaki kadim gerilimle şekillenir. Akademik geleneğin taklit (mimesis) odaklı pedagojisine karşılık Modernist ve Yapılandırmacı yaklaşımlar bireysel ifadeyi sürecin kendisini ve keşfi öncelendirir (Efland 1990). Bugün etkili bir resim eğitimi bu iki kutbu ustaca dengeler. Oran perspektif değer ve renk teorisi gibi temel ilkelerin sistematik öğretimiyle kişisel vizyonun geliştirilmesi bir arada yürütülür. Eleştiri seansları bu sürecin kalbinde yer alır ancak pratik kısıtlar bu seansların niteliğini ve sıklığını sınırlar. Öğrencinin içsel motivasyonunu ve büyüme zihniyetini (growth mindset) beslemek özellikle başlangıçtaki hayal kırıklıklarını aşmada hayati bir önem taşır (Dweck 2006). Bu pedagojik ihtiyaçlar adaptif öğrenme sistemlerinin temel bileşenleriyle doğrudan kesişir. Zira bu sistemler öğrenen modeli alan modeli ve pedagojik model üçlüsü üzerine kuruludur (Brusilovsky ve Millán 2007). Yapay zekâ öğrenci etkileşim verilerini analiz ederek bu modelleri zenginleştirir (Baker ve Inventado 2014). Otomatik geri bildirim sistemleri kural tabanlı yaklaşımlardan doğal dil üretimine uzanan bir yelpazede çalışır. Ne var ki sanat ve tasarım gibi açık uçlu alanlarda doğru cevap diye bir şey yoktur sadece daha etkili veya daha uygun ifadeler vardır. Bu nedenle görsel sanatlarda hesaplamalı analiz benzersiz bir karmaşıklık taşır.

Son on yılda yapay zekânın sanatı analiz yeteneği olağanüstü mesafe kat etti. Evrişimli sınır ağları bir görüntünün stilini fırça darbesi doku renk dağılımı kompozisyon ve içeriğini ayırt edebilecek düzeye geldi (Gatys ve ark. 2016). Bu teknikler sanatçı tanıma dönem sınıflandırması ve sahte eser tespitinde başarıyla kullanılıyor (Crowley ve Zisserman 2014). Bir öğrenci çalışmasına uygulandığında bu yöntemler eserin hedeflenen stile veya teknik standarda

Yapay Zeka Destekli Resim Eğitiminde Adaptif Öğrenme Ortamları: Öğrenci Stil Gelişimini Modelleyen ve Geri Bildirim Üreten Kişiselleştirilmiş Sistemler

ne kadar yaklaştığını nicel olarak ölçebilir. Çizim ve resim becerisi değerlendirmesi bağlamında araştırmalar yapay zekânın çizim doğruluğunu oran perspektif hatalarını tespit edip sınıflandırabildiğini gösteriyor (Fan ve ark. 2019 Xu ve ark. 2021). Müzik eğitiminde otomatik performans değerlendirmesi ve yazma eğitiminde otomatik kompozisyon puanlaması üzerine zengin bir literatür bulunmakla birlikte görsel sanatlarda resim eğitiminin tüm sürecini kapsayan kapsamlı bir adaptif sistem henüz mevcut değil. Bu araştırma işte tam da bu boşluğu doldurmayı hedefliyor. Mevcut literatürü bir araya getirerek resim eğitimine özgü bütünleşik bir adaptif yapay zekâ sistemi modeli öneriyor ve bu modelin pedagojik ve teknik uygulanabilirliğini tartışıyor. Önerilen ArtTutorAI sistemi kavramsal bir tasarım olarak üç temel modül ve sürekli bir öğrenme döngüsü üzerine inşa edilmiştir. Birinci modül stil ve beceri teşhis modülüdür. Öğrencinin yüklediği resmi veya dijital tuvaldeki ilerlemeyi çok katmanlı bir yaklaşımla analiz eder. Düşük seviye özellik çıkarımında geleneksel görüntü işleme teknikleri ve sığ evrişimli sinir ağı katmanlarıyla kenar keskinliği renk histogramı kontrast doygunluk ve lokal doku ölçülür. Orta seviye kompozisyon analizinde daha derin ESA katmanları görsel dikkat haritaları ve kompozisyon kurallarıyla odak noktaları görsel hiyerarşi alan dengesi ve ritim analiz edilir. Yüksek seviye stil ve içerik sınıflandırmasında ise sanat tarihi veri setleriyle eğitilmiş bir ESA çalışmayı stilistik kategorilere ve içerik türüne göre ilişkilendirir. Teknik hata tespiti için özel modeller perspektif bozuklukları oran hataları renk sıcaklığı karışıklığı ve değer aralığının yetersiz kullanımı gibi yaygın başlangıç hatalarını belirler. Çıktı olarak elliden fazla boyuttan oluşan nicel bir Sanatsal Özellik Vektörü üretilir. İkinci modül gelişimsel yol haritası modelleyicisidir. Zaman içinde üretilen bu vektörleri bir dizi olarak ele alan yinelemeli sinir ağı özellikle Uzun Kısa Süreli Bellek mimarisi öğrenme örüntülerini analiz eder. İlerleme metriklerini hesaplar hangi teknik konularda sürekli zorluk yaşandığını tespit eder ve öğrencinin kişisel stil çekirdeğini oluşturan benzersiz özellik kombinasyonlarını saptamaya çalışır. Çıktı olarak öğrenciye özgü dinamik bir gelişim grafiği ve gelecekteki gelişim yönelimlerini tahmin eden bir model üretilir.

Üçüncü modül adaptif geri bildirim ve öğrenme yolu üreticidir. İlk iki modülden gelen verileri pedagojik bir bilgi tabanı ile birleştirerek kişiselleştirilmiş müdahaleler üretir. Geri bildirim türleri çeşitlendirilmiştir. Görsel geri bildirim hatalı bir perspektif çizgisinin üzerine doğrusunu bindirmek veya renk uyumsuzluğu olan alanı alternatif renklerle göstermek gibi doğrudan görsel müdahaleler sunar. Prosedürel geri bildirim adım adım teknik öneriler içerir. Yapılandırılmış alıştırmalar önerileri tespit edilen zayıflığa yönelik kişiselleştirilmiş çalışmalar önerir. Kavramsal ve tarihsel bağlantılar öğrencinin kullandığı tekniği usta sanatçılarla ilişkilendirerek ufkunu genişletmeyi hedefler. Zorluk seviyesi adaptasyonu öğrencinin yeterlilik seviyesine göre önerilerin karmaşıklığını otomatik ayarlar. Motivasyonel uyarılma ise gelişim grafiğine ve olası hayal kırıklığı anlarına bağlı olarak geri bildirim dilini ve tonunu teşvik edici teknik odaklı veya sorgulayıcı biçimde düzenler. Sistem tamamen otomatik işlemez aksine karma bir model öngörülmüştür. Öğrenci çalışmasını yükler ArtTutorAI analiz eder ve geri bildirim üretir. Öğrenci bu geri bildirim alır üzerine düşünür ve çalışmasını revize eder veya önerilen alıştırmaları yapar. Eğitim sisteminin ürettiği öğrenci gelişim özetini görür ve bu zengin veriyi kullanarak yapay zekânın yakalayamayacağı nüanslara kavramsal derinliğe ve kişisel yoruma odaklanır. Nihai değerlendirme ve son söz her zaman insana yani eğitmene aittir.

3. Bulgular ve Tartışma: Potansiyel Etkiler, Faydalar ve Riskler

Derinlemesine ArtTutorAI gibi bir sistem resim eğitiminde köklü dönüşümler yaratma potansiyeli taşır. En önemli faydalarından biri derinlemesine kişiselleştirme ve ölçeklenebilirliktir. Sistem her öğrenciye insan eğitmenin sınırlı zamanında sunamayacağı sürekli ve ayrıntılı bir sanal dikkat sağlar. Bu sayede kalabalık sınıflarda dahi bireysel öğrenme yolları açılabilir. Nesnel öz değerlendirme imkânı da bir başka güçlü yandır. Öğrenciler sezgisel hisler yerine somut verilerle ilerlemelerini izleyebilir. Küçük ölçülebilir adımları görmek motivasyonu besler ve büyüme zihniyetini pekiştirir (Dweck 2006). Eğitmenin rolü de bu sistemle niteliksel olarak dönüşür. Zaman alıcı temel teknik değerlendirmelerden kısmen kurtulan eğitmen asıl insana özgü yeteneklerine yani sanatsal yoruma kavramsal gelişime ve eleştirel diyaloga odaklanabilir. Üstelik sistem öğrencinin çalışmalarındaki tutarlı stilistik öğeleri erken tespit ederek kişisel sanatsal sesin keşfini hızlandırabilir. Öğrenci böylece kendi özgün ifadesini bilinçli olarak geliştirme fırsatı bulur. Ne var ki yapay zekânın sanat eğitimine entegrasyonu beraberinde ciddi riskler ve etik zorluklar getirir. Bunların başında aşırı nicelleştirme tehlikesi gelir. Sanat duygu anlam bağlam ve yenilik gibi ölçülemeyen pek çok değer barındırır. Sistem yalnızca ölçülebilir parametrelere odaklanırsa öğrencileri algoritmik olarak güzel ama duygusuz ve kuralcı işler üretmeye itebilir. Bu sanatı bir optimizasyon problemine indirgeme riski taşır. Algoritmik önyargı da bir o kadar önemlidir. Sistemin eğitildiği veri setleri çoğunlukla Batılı erkek tarihi sanatçılardan oluşur. Bu durumda sistem onların estetik normlarını evrensel standartlar olarak dayatabilir. Batı dışı yerli veya avangart gelenekler hata veya sapma olarak yorumlanabilir. Öğrenci özerkliğinin baskılanması riski de göz ardı edilemez. Sürekli algoritmik geri bildirim öğrencinin kendi sezgilerine güvenmesini risk almasını ve hatalarından öğrenmesini engelleyebilir. Oysa sanatçı gelişimi bazen kuralları çiğnemekten geçer. Sistem algoritmik otorite olarak bu isyanı cezalandırıcı bir dil kullanmamalıdır. Veri gizliliği ve güvenliği de ayrı bir sorun alanıdır. Öğrencilerin tüm sanatsal çıktuları gelişim verileri ve hatta duygusal durumları kaydedilecektir. Bu son derece kişisel verilerin nasıl saklanacağı kime ait olacağı ve nasıl kullanılacağı ciddi etik sorular doğurur. Son olarak sistem çok başarılı olursa kurumlar insan eğitmenlere olan ihtiyacı sorgulayabilir. Bu durum sanat eğitiminin empati ilham ve rol modellik gibi insani boyutlarının tamamen göz ardı edilmesi anlamına gelir.

Önerilen ArtTutorAI sistemi işte bu potansiyeller ve riskler arasında bir denge kurmayı hedefler. Sistemin ilk modülü olan Stil ve Beceri Teşhis Modülü öğrencinin mevcut durumunu nesnel ve çok boyutlu olarak saptar. Düşük orta ve yüksek seviye özelliklerin analiziyle hem teknik yeterlilik hem de stilistik eğilimler haritalandırılır. Teknik hata tespiti sayesinde öğrenci tekrarlayan yanlışlarını erken fark eder. Bu modül öğrenciye kendi pratiğine dair nesnel bir ayna tutar ve kişiselleştirilmiş öğrenme yolunun ilk adımını oluşturur. İkinci modül Gelişimsel Yol Haritası Modelleyicisi tekil eser analizinin ötesine geçerek zamana yayılan gelişimi izler. LSTM gibi zaman serisi modelleriyle ilerleme eğilimleri takılan noktalar ve ortaya çıkmaya başlayan kişisel stil belirlenir. Öğrencinin kendi stil çekirdeğini keşfetmesi sanatsal kimlik gelişimi açısından kritiktir çünkü onu başkalarını taklit etmekten özgün ifadeyi bulmaya yönelir. Üçüncü modül Adaptif Geri Bildirim ve Öğrenme Yolu Üreteci teşhis ve gelişim verilerini pedagojik bilgiyle birleştirerek eyleme dönüşen çıktılar üretir. Görsel prosedürel yapılandırılmış alıştırma ve kavramsal bağlantı biçimindeki geri bildirim türleri farklı öğrenme stillerine hitap eder. Zorluk seviyesinin adaptasyonu öğrencinin ne çok kolay ne de aşılmaz

Yapay Zeka Destekli Resim Eğitiminde Adaptif Öğrenme Ortamları: Öğrenci Stil Gelişimini Modelleyen ve Geri Bildirim Üreten Kişiselleştirilmiş Sistemler

derecede zor görevlerle karşılaşmasını engelleyerek akış deneyimini destekler. Motivasyonel uyarılma ise duygusal durumu dikkate alarak geri bildirim etkinliğini artırır.

Sistemin en hayati unsuru ise hibrit model ve insanın rolüdür. ArtTutorAI tamamen otomatik işlemez. Öğrenci çalışmasını yükler sistem analiz eder ve geri bildirim üretir. Öğrenci bu geri bildirim alır üzerine düşünür ve çalışmasını revize eder veya önerilen alıştırmaları yapar. Eğitimci sistemin ürettiği Öğrenci Gelişim Özeti'ni görür ve bu zengin veriyi kullanarak yapay zekânın yakalayamayacağı nüanslara kavramsal derinliğe ve kişisel yoruma odaklanır. YZ eğitimcinin işini kolaylaştıran bir araçtır asla onun yerini almaz. İnsanın son sözü söylemesi sanatsal değerlendirmenin öznelliğini ve bağlam duyarlılığını güvence altına alır. Eğitimci olmadan sistem sadece teknik bir otomasyona dönüşür ve sanat eğitiminin dönüştürücü gücünü kaybeder. Sonuç olarak ArtTutorAI gibi bir sistem doğru tasarlandığında ve etik ilkeler gözetilerek uygulandığında resim eğitiminde devrim yaratma potansiyeline sahiptir. Ancak bu potansiyelin gerçekleşmesi teknolojinin pedagojik bilgelikle ve insan merkezli bir yaklaşımla bütünleştirilmesine bağlıdır. YZ sanat eğitimi insanileştirmek için bir araç olarak kullanılmalı onu mekanikleştirmek için değil.

4. Dengeyi Sağlamak İçin Önerilen İlkeler

ArtTutorAI gibi sistemlerin sanat eğitime entegrasyonunda riskleri en aza indirmek için tasarım sürecine yol gösterecek beş temel ilke öneriyorum. Tamamlayıcılık ilkesi sistemin eğitimcinin yerini almak için değil onu güçlendirmek amacıyla kurgulanmasını zorunlu kılar. Nihai yargı ve niteliksel değerlendirme her zaman insana aittir. YZ eğitimcinin pedagojik sezgisini ve sanatsal yargısını destekleyen bir asistan olarak kalmalı asla onun önüne geçmemelidir. Şeffaflık ve açıklanabilirlik ilkesi gereğince sistem ürettiği her geri bildirim gerekçesini anlaşılır biçimde ortaya koyabilmelidir. Perspektifin yanlış olmasının nedeni şu çizgilerin şu kaçış noktasına yakınsamasıdır gibi açıklamalar öğrencinin hatasını kavramasını kolaylaştırır. Bu yaklaşım sistemi bir kara kutu olmaktan çıkarır öğrencinin güvenini kazanır ve eleştirel düşünmesini besler. Açıklanabilir YZ sayesinde öğrenci pasif bir alıcı değil sürecin öznesi haline gelir. Çoğulculuk ve özelleştirilebilirlik ilkesi eğitimcinin pedagojik hedeflerine göre sistemin hangi ölçütleri vurgulayacağını hangi stil kategorilerini kullanacağını belirleyebilmesini öngörür. Batı sanatı İslam minyatürü Çin geleneksel resmi gibi farklı gelenekler arasında seçim yapma esnekliği sistemin tek bir estetik anlayışı dayatmasını engeller. Bu aynı zamanda eğitimcinin pedagojik özerkliğini korur ve algoritmik önyargıya karşı en güçlü savunmayı oluşturur. Keşfi teşvik ilkesi sistemin sadece kurallara uyan çalışmalarını değil ölçülen parametrelerde aşırıya kaçan veya birden fazla stili ilginç biçimde birleştiren yenilikçi işleri de ödüllendiren bir mod içermesini zorunlu kılar. Lehman ve Stanley'in yenilik arayışı kavramıyla paralellik gösteren bu yaklaşım öğrencileri alışılmışın dışına çıkmaya risk almaya ve kendi özgün ifadelerini keşfetmeye yöneltilir. Teknik mükemmellekle yaratıcılık arasındaki hassas dengeyi gözetken bu ilke sanat eğitiminin ruhuna uygun bir perspektif sunar.

Veri etiği ilkesi öğrenci verilerinin sahipliği gizliliği ve güvenliğini en üst düzeyde korumayı hedefler. Tüm veriler anonimleştirilmeli öğrencinin açık rızası olmadan hiçbir amaçla kullanılmamalıdır. Bu ilke dijital mahremiyetin güvencesi olduğu kadar öğrenciye duyulan saygının da ifadesidir. Bu beş ilke birlikte ele alındığında teknolojiyi insanın hizmetine

sunarken insanı merkezde tutan bir anlayışı yansıtır. Tamamlayıcılık eğitmenin rolünü korur şeffaflık öğrenciyi güçlendirir çoğulculuk farklı estetikleri kucaklar keşfi teşvik yaratıcılığı besler veri etiği ise tüm bu yapının üzerine inşa edileceği sağlam temeli oluşturur. Sanat eğitiminin nihai hedefi teknik becerilerle donanmış ama aynı zamanda özgün özgüvenli ve eleştirel düşünebilen bireyler yetiştirmektir. YZ bu hedefe ulaşmada güçlü bir müttefik olabilir ancak bunun için tasarım sürecinde bu tür ilkelerin rehberliğine ihtiyaç vardır. Unutulmamalıdır ki teknoloji ne kadar gelişmiş olursa olsun asıl belirleyici olan onu nasıl kullandığımız ve hangi değerlerle şekillendirdiğimizdir (Özdemir, 2022).

5. Sonuç

Bu araştırma yapay zekâ destekli adaptif öğrenme ortamlarının resim eğitiminde köklü dönüşümler yaratma potansiyeli taşıdığını ancak bu potansiyelin ancak insan merkezli eleştirel ve dikkatli bir yaklaşımla gerçeğe dönüşebileceğini ortaya koymuştur. ArtTutorAI gibi bir sistem öğrenciyi kişisel bir antrenör eğitmense derinlemesine bir analist olarak hizmet edebilir. Öğrenci kendi sanatsal pratiğine dair nesnel verilerle karşılaşır eğitmen ise zaman alıcı teknik değerlendirmelerden kurtulup asıl insana özgü yeteneklerine yani sanatsal yorum kavramsal gelişim ve eleştirel diyaloga odaklanır. Ne var ki sistem sanatın özünde yatan belirsizliği özneliği ve isyan ruhunu asla tam olarak yakalayamaz veya ölçemez. Sanatın bu temel nitelikleri insan deneyimine ve ifadesine içkindir. Bu nedenle teknoloji ne kadar gelişmiş olursa olsun nihai yargı ve niteliksel değerlendirme her zaman insana ait olmalıdır. YZ eğitmenin yerini almak için değil onu güçlendirmek için vardır. Unutulmamalıdır ki sanat eğitiminin amacı sadece teknik becerilerle donanmış ressamlar yetiştirmek değil aynı zamanda özgün özgüvenli ve eleştirel düşünebilen sanatçılar ortaya çıkarmaktır. Gelecekteki çalışmalar ve geliştirmeler birkaç temel yönde ilerlemelidir. Öncelikle duygu ve niyet analizi alanında sistemler bir resmin ilettiği duygusal tonu veya öğrencinin ifade etmeye çalıştığı kavramsal niyeti anlamaya çalışan modüller içerebilir. Salt teknik analizin ötesine geçen bu yaklaşım geri bildirimini daha anlamlı ve bağlamsal hale getirebilir. İkinci olarak sosyal ve işbirlikçi öğrenmeyi destekleme bağlamında sistem öğrencileri benzer stilistik arayışlarda olan veya tamamlayıcı becerilere sahip akranlarıyla eşleştirebilir böylece dijital bir atölye topluluğunun oluşmasına katkıda bulunabilir. Sanat eğitiminin sosyal boyutu akran etkileşimi ve işbirliği yoluyla zenginleşir bu tür bir destek öğrenme deneyimini derinleştirir. Üçüncü olarak fiziksel ortam entegrasyonu açısından dijital tuvalin ötesinde fiziksel tuval ve boya kullanımını izleyen sensörler ve bilgisayarlı görü sistemleri geliştirilerek geleneksel resim pratiğiyle daha yakın bir entegrasyon sağlanabilir. Akıllı atölyeler olarak adlandırılacak bu ortamlar teknolojinin fiziksel stüdyodan kopmadan onu zenginleştiren bir araç olarak kullanılmasını mümkün kılar. Son olarak uzun vadeli pedagojik etki çalışmaları yapılmalı bu tür sistemlerin öğrencilerin uzun vadeli sanatsal kimlik gelişimleri ve kariyerleri üzerindeki etkisini izleyen boylamsal araştırmalara ihtiyaç vardır. Sistemlerin etkililiği ancak uzun vadeli gözlemlerle ve derinlemesine nitel çalışmalarla anlaşılabilir.

Önerilen tamamlayıcılık şeffaflık çoğulculuk keşfi teşvik ve veri etiği ilkeleri bu tür bir sistemin yalnızca teknik olarak işlevsel değil aynı zamanda pedagojik ve etik açıdan da sağlam temellere oturmasını hedefler. Tamamlayıcılık insan eğitmenin merkezî rolünü korur şeffaflık öğrencinin güvenini pekiştirir ve eleştirel düşünmesini destekler çoğulculuk algoritmik önyargıya karşı en güçlü savunmayı oluşturur keşfi teşvik yaratıcılığı besler veri etiği ise tüm bu yapının üzerine inşa edileceği temeli sağlar. Nihayetinde yapay zekâ destekli resim eğitiminin amacı daha iyi ressamlar değil daha özgün özgüvenli ve eleştirel düşünebilen sanatçılar yetiştirmektir.

Yapay Zeka Destekli Resim Eğitiminde Adaptif Öğrenme Ortamları: Öğrenci Stil Gelişimini Modelleyen ve Geri Bildirim Üreten Kişiselleştirilmiş Sistemler

Teknoloji bu yolculukta haritayı tutan yolu aydınlatan bir araç olabilir ancak yolu yürüyecek ve varacağı yeri seçecek olan her zaman insan öğrencinin kendisidir. Başarılı bir sistem bu özerkliği koruyarak ve geliştirerek hizmet etmelidir.

Kaynakça (References)

- Baker, R. S., & Inventado, P. S. (2014). Educational data mining and learning analytics. In *Learning analytics* (pp. 61-75). Springer.
- Brusilovsky, P., & Millán, E. (2007). User models for adaptive hypermedia and adaptive educational systems. In *The adaptive web* (pp. 3-53). Springer.
- Crowley, E. J., & Zisserman, A. (2014). In search of art. *European Conference on Computer Vision Workshop on Computer Vision for Art Analysis*, 1-16.
- Dweck, C. S. (2006). *Mindset: The new psychology of success*. Random House.
- Efland, A. D. (1990). *A history of art education: Intellectual and social currents in teaching the visual arts*. Teachers College Press.
- Eisner, E. W. (2002). *The arts and the creation of mind*. Yale University Press.
- Fan, J. E., Yamins, D. L., & Turk-Browne, N. B. (2019). Common object representations for visual production and recognition. *Cognitive Science*, 43(8), e12774.
- Gatys, L. A., Ecker, A. S., & Bethge, M. (2016). Image style transfer using convolutional neural networks. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 2414-2423.
- Lehman, J., & Stanley, K. O. (2011). Abandoning objectives: Evolution through the search for novelty alone. *Evolutionary Computation*, 19(2), 189-223.
- Xu, P., Wu, J., Wang, J., & Wang, H. (2021). A deep learning approach for automatic assessment of figure drawing in art education. *IEEE Access*, 9, 121883-121894.
- Özdemir, A. (2022). Yapay zeka'nın grafik tasarıma ve tasarımcıya etkisi. *Hitit Sosyal Bilimler Dergisi*, 15(2), 628-637. <https://doi.org/10.17218/hititsbd.1205445>

Ontological and Ethical Boundaries in AI-Based Image Restoration

Abstract

This paper we argue that ontological and ethical issues occur when using predictive algorithms to fill in historical and material gaps in AI-based systems of historical painting restoration (inpainting), especially deep learning models. Such technologies should therefore not be treated as either just a technological achievement, or autonomously developed application of them, but rather an actual practice that is reconstituting what cultural heritage and historical knowledge production means (or ontological character) of these. More sophisticated models (GANs, Diffusion Models) are beginning to produce plausible and intelligible complements that occupy the space next to an incompletely or lost section of the image. But this “predictive archeology” raises familiar questions about authenticity, intention, materiality and historical uncertainty. First, this paper unites strands of traditional restoration ethics (e.g., Brandi 1963; Riegl 1903) with glimpses emerging from computer vision and deep learning literatures (Iizuka et al. 2017; Pathak et al. 2016). It then lays out its methodological frame, querying how algorithm-driven decision-making processes, biases’ in training datasets and stochastic outputs foreground or obscure “possible worlds” of restoration. Using conceptual tools like “digital palimpsest,” “speculative authenticity” and “algorithmic nostalgia,” the study engages with questions of what type of historical representations are possible via AI. The data show that the second work that results from AI-write completion does not restore some idealized version of its original state but instead is rendered a new hybrid object sap with contemporary data and aesthetic presumptions about works past. This gives over to the algorithmer what was once part of the power held by the restorer, while forcing an audience to grapple with some illusion of “probability of history.” THE CHALLENGE: A DEMAND FOR THE ETHICS IN ONTOLOGICAL AMBIGUITY AND THIS TOWARDS ETA-PRACTICES Transparency, participation vs. secrecy—As bioengineering technology is advancing quickly with multiple pressing ethical questions appearing increasingly more frequently in our daily life, what we do not have are the ethics capable of confronting these transformation processes. AI restoration must instead be understood not as a mode of repair but an avoidant field of “applied philosophy of history” that instigates, via its interpretative extraction and representation, deep philosophical problems about cultural memory.

Keywords: AI Restoration, Predictive Inpainting, Restoration Ethics, Cultural Heritage Ontology, Deep Learning, GAN, Speculative Authenticity, Digital Palimpsest.

1. Introduction

Cultural heritage preservation and transmission is among the most fraught of relationships in humanity's past with its material memory. Traditional restoration is the art of rehabilitating a work of art aged by time nature or human hand through scientific testing historical documents and expert judgment in a way that is both interventive and reverential. In Cesare Brandi's (1963), well-known formulation, restoration according to the principle of potential unity is the attempt to remake possible *dado l'artistico unita del lavoro* respected its historical materiality and that every intervention is distinguishable. This practice has never been free from ethical dilemmas about authenticity originality reversibility of intervention and the dignity of historical layers (Muñoz Viñas, 2005). Digital technologies first arrived in this field as tools of documentation and analysis at the beginning of the 21st century, and later as instruments of active intervention. The last decade deep learning based approaches particularly Convolutional Neural Networks (CNNs), and Generative Adversarial Networks (GANs), have made AI-based image processing waits at the start threshold of a deep revolution in restoration practice (Yang et al., 2020). These techniques, known as predictive inpainting, will fill a missing region or repair a damaged region of the image to allow for persuasiveness based on the image using statistical properties learned elsewhere (Pathak et al. 2016; Iizuka et al., 2017). It now feels technically plausible to remove a crack in a Renaissance painting that completes a broken figure in a fresco, or to repair an area of damage to a particular section of face in another portrait.

But this technical possibility comes with significant ontological and ethical concerns. AI is a prediction not reality. This prediction is necessarily determined by the statistical distributions of the datasets on which it was trained and with biases of the architecture selected by running optimization in a randomized way. When the algorithm is asked how a hand was painted in the Renaissance it spits out an average likely response calculated from thousands of said paintings. But can this average hand substitute for the lost original? More importantly, how is this digital completion changing the ontological status of the original artwork? [Is it just a physical object or is it a hybrid of physical and digital layers?] This study attempts to position itself right on this frontier. In essence, the central thesis of this study is that AI-based predictive inpainting represents a form of speculative restoration that goes beyond mere conservation tool and that this practice potentially challenges established preconceptions about what constitutes cultural heritage preservation, how such preservation should be conducted and how we communicate with the past. In this context, the main research questions are summarised in the table below.

No.	Research Question
1	How do AI-based predictive inpainting algorithms challenge the fundamental principles of traditional restoration ethics (authenticity distinguishability minimal intervention)?
2	How does the digital content produced by these algorithms transform the ontological status of the original artwork? How can the concept of the digital palimpsest be used to explain this hybrid entity?

-
- 3 What kinds of biases and aesthetic norms do the datasets and statistical models underlying algorithmic prediction risk reproducing while filling historical gaps?
 - 4 What kind of new ethical and conceptual framework can be developed to govern this practice?
-

2. Literature Review

The bedrock for modern restoration theory was in place by the 19th century, around two contrary poles. “Ruskin and Morris [1849]renounced restoration as destruction, wearing in its place preservation which entails leaving the state as found” The French architect Eugène Viollet-le-Duc, in contrast, had an obsessive interventionist agenda aimed at bringing a structure to a complete and perfect state. This conflict, however, is one that can be gleaned from the 1903 controversy between present-day value and historical value as defined by Alois Riegl. For Riegl, the historical significance of a work lies in the patina and wear that have left their marks of time but contemporary value stresses the aesthetic wholeness and usability of the artifact. The flaw line is precisely the one that underscores contemporary negotiations of AI restoration: for the algorithmic desiring machine, perfection comes with an inherent risk of wiping out layers in history. Principles that would guide the field were laid down in mid-20th century with Cesare Brandi’s work *Teoria del Restauro*. Restoration, Brandi maintains, must consider the work of art as an aesthetics whole and a historical document. He also believed that intervention should do no harm to the original material, must be visually distinguishable and must restore the potential unity of the work. This method was at the core of many international documents such as Venice Charter (1964). But as time passed, the firm boundaries Brandi had in place would be called into question. In his contemporary restoration theory, Salvador Muñoz Viñas points out that restoration is not an objective science but rather includes subjectivity and that the meaning of the work is reconstructed in every generation (Muñoz Viñas 2005). This view forms an important basis for interpreting the speculations on restorations generated by artificial intelligence today because digital completion practice is exactly as Muñoz Viñas determined a subjective act of meaning reproduction. Digital restorers began by adopting traditional retouching techniques within the digital realm using photo editing software like Photoshop. In this period, the emphasis was still on expert operators using manual methods and decision trees to gain insight and conduct analyses, but deep learning particularly Convolutional Neural networks became popularized leading towards autonomous systems. Applying CNN with its Context Encoders paper, Pathak et al (2016) accomplished image completion for missing parts in a semantically meaningful way. On the other hand, Iizuka et al. (2017) proposed models that parse/ context{(here)} local and global context separately.

The true revolution began with Generative Adversarial Networks. This method, which relies on a generator network competing with a discriminator network, produced visually consistent and aesthetically plausible results (Yu et al., 2018). Diffusion models have recently been proposed as an alternative to GANs (Ho et al. 2020). These models which learn by progressively adding noise to an image and reversing that process promise more diverse and higher quality results. Such techniques have been applied in many projects especially speculative ones such as the Next Rembrandt project or restoration techniques like those used to digitally complete the Night Watch restoration on 2022 at The Hague. But all that technical progress came with ontological and ethical issues of its own. As the technical literature thickened at a rapid pace general surveys on the philosophical and ethical aspects of this practice remained few. By pointing out the variable modular and programmable nature of digital objects, Manovich (2001) made radical

the fact that this type of object is different from traditional art objects. Concept that focuses on shared digital heritage as an Creation is evident in Cameron (2007), which separate cultural heritages that seeks to be passive artifact vs active participatory digital process. AI restoration additionally broadens the question of who reconstructs and under what heritage. Criticisms most relevant point to algorithmic bias. Models trained largely on data from male artists in the Western canon tend to impose these aesthetic norms when trying to bridge gaps that are possession of other cultural traditions. Additionally predictive models risk homogenization with their driving urge towards the average and canonical they can be aphrodisiac to history deleted anomalies to experimentation and individual idiosyncrasies. Such a literature has historically neglected to consider the ontological and ethical of AI-based restoration systematically within a conceptual framework, disentangled from their technical capacities.

3. Methodology and Conceptual Framework

It uses a qualitative and conceptual research design. Instead of empirical data collection it seeks to critically—ontologically and ethically—examine existing technologies theories and practical case examples. Ontological inquiry and ethical dilemma mapping comprise the methodological backbone. In the ontological inquiry, I explore the conditions of existence of an artwork completed by AI. The big question is: what is this thing? Two conceptual tools are devised to address this question. The first is what I call digital palimpsest.

A palimpsest is a piece of parchment which had been scraped clean and written on again, but its previous writing can be seen through it. A layer of the AI algorithmic prediction should be considered one such restoration modality, and much like painting on top of a deteriorated surface, or vice-versa (in fact digitally apart from physical), an AI-restored artwork is in another format ultimately composed of multiple layers: 1) A data entry structure that descends down to a linked processing flow; 2) The original physical layer upon which the other layers lay; 3) Layers of physical detritus elasticity and its restorative properties developed throughout time building up employee generations; 4) And finally, at the absolute top without any depth beyond slight fluctuations left above it all ready for reveal — the visual information. Every layer has a different temporality causality and intention. Digital content is not organic unity with the physical layer but is related through an interface. The other concept is speculative authenticity. Traditional authenticity refers to the object's originits process of formation and its material continuity. The idea is pulled into the realm of speculation with AI completion. Authenticity, though, no longer applies solely to what is original — it now also suggests something very likely or contextually appropriate. And this runs counter to the majoritarian intuition of expertise based drag authenticity. I suspect this distinction will prove vital for the legitimacy of restorative practices to come. During the stage of mapping ethical dilemmas, I go through concrete problems that arise from this practice from a Brandian principle-based perspective and in light of contemporary ethical theories. The change of the principle of distinguishability is a decisive threshold. In traditional restoration distinguishability is achieved by differences in physical material or texture. Ability to be completed digitally doesn't change the surface it appears on — that projection on a screen or separate digital file. In this context, distinguishability becomes dependent on viewing mode that is toggling original and completed versions vs metadata info of algorithm date + justification. This keeps the principle but changes its form. The principle of minimal intervention, undergoes a similar metamorphosis. Intended

to restrict physical intervention this principle is the least physical in a digital context in fact it is zero. But the intervention can be a lot more in-depth and accurate semantically and visually.

A GAN can fill in a missing figure with such completeness and perfection that a traditional restorer would never even attempt. This risks over-completion hiding the work's historical wear and uncertainty making it look new. Transparency and accountability are the direct issues to AI's behaviour as black box. On what data was it trained on? Can you explain why that one pixel was selected to be that color, and that shape? An ethical restoration process must be transparent, and decisions need to be justifiable. Thus, incorporating Explainable AI techniques into this domain is crucial (Gunning et al., 2019). I also believe that users of these technologies share the same ethical responsibility as their developers.

4. Case Studies and Findings

To ground the analysis, let me introduce two hypothetical but plausible cases. The first is a case of documentary lacuna: a figure absolutely physically non-existent in a Renaissance painting say an absent saint from a predella panel but effectuated by a model trained on other works by the artist and stylistic characteristics of the period. Extensive superficial damage like scratches or paint loss in the case of a portrait where the model tries to predict undamaged skin texture falls under a second type of surface repair, known as damaged surface repair. When we question in each case how the changing ontological status affects which ethical principles and values dominate or are violated, and to what extent AR interpretation differs from human interpretation, we find that completion through AI changes the work of art from a static object into a crystallized form of a dynamic process. This is where the digital palimpsest metaphor comes into its own: The underlying physical painting remains immutable as a signifier but the digital completion layer can be switched on or off, its transparency altered, or it can be supplanted with competing algorithmic variations contingent upon UI. This locates the work not as an immutable fact but rather multiple potential manifestations dependent on the context of viewing and where the identity of object moves from singularity toward plurality. For this plurality, in my opinion, demands a radical rethinking of restoration ethics. The second dimension of ontological change relates to time. This future-breaking, past-preserving thrust has different valuations in a traditional work and AI completion: an heirloom to give one from the past where an AI completion injects the work with something more forward-looking. The algorithm is trained on historical data but the content it creates is a product of its technological potential and dataset as of this moment. This gives the work a non-linear cyclical or layered temporality. It becomes a time object, an artifact that embodies both past and future the predicted at once. It is at this point that the idea of speculative authenticity completely alters the viewer's experience. When a museumgoer gazes upon a finished digital projection what they encounter is not a historic actuality, but rather a high-resolution plausible reconstruction of historical potential. The strength of this simulation is also its risk because the invisibility of uncertainty and loss may result in a false impression about completeness and certitude for history. I think this context also allows to question values like patina and traces of time that traditional restoration has made sacred.

5. Ethical Principles at Algorithmic Frontiers

The trial of an AI restoration by traditional ethical principles fundamentally changes the forms of these principles in order to maintain its spirit. And as soon as the intervention is digital its

material principle of distinguishability through physical differences falls away because the surface remains intact. The principle behind it can be upheld through interactive transparency. An ethical AI restoration should permit the user to switch the digital layer on and off, view alternative completion options and retrieve some basic metadata of algorithmic decision selects. For example an attribution like “this completion was synthesized using a Stable Diffusion model trained on the ArtNet dataset that holds 75 percent of 15th century Italian paintings” turns restoration into an argumentative exchange. The principle of minimal intervention presents a completely different problem. In the latter case "digital" process, for purely physical purposes, means zero intervention; yet semantically/visually, it can be way more encompassing than just that. Case studies indicate that models such as GANs tend to generate new yet stylistically consistent elements that exceed the circumstance. The addition of a ring or located fold not in the original while filling a missing hand is against the spirit of minimal intervention as it not only fills what was lost but introduces further speculative content. I believe however this risk of over-completion can only be mitigated through the human involvement of experts active in sound design alongside critique of models outputs or else the algorithm will erase historical wear and leave a work in appearing new. The second but most serious ethical problem comes from the dataset bias. If, say, a model trained on Western-centric datasets is tasked with completing a missing part of an African mask, it might impose European sculptural aesthetics upon the object. The problem is a bit more subtle: templates can lead to the flattening of historical diversity and experimentation into mean. Art history is full of innovators who broke rules. An algorithm that finishes writing a missing Caravaggio work could learn his dramatic use of chiaroscuro but be prevented from suggesting an extreme out-of-the-blue component in the composition, because this isn't something found in the summary of any average Caravaggio held in the experience.

This desaturates history into what can only be statistically probable. In addition the authority that rested in the traditional restoration with the restorator and art historian becomes decentralized with AI. New actors arise: dataset curators, model architects, algorithm developers and interface designers. Popular culture has rendered the restoration decision no longer the interpretation of a single expert but the syntheses of this network of distributed actors. This clouds accountability while opening up for interrogating the machine; trust that had been deemed objective and neutral and was presumed to be algorithmic authority. I think this ethical responsibility of this new network of actors must be documentable and auditable, the same as it should in physical restoration.

6. Conclusion and Recommendations

This work has shown that AI-based predictive inpainting marks the point at which restoration as practice transcends a purely technical evolution. AI does not just plug a hole, it creates an expanse of potential and how we traverse that space speaks to our attitudes towards cultural heritage. I contend that this technology pushes us to reconsider the ontology of heritage the making of historical knowledge and our scrutiny of the past. So in response to the findings of this study, I am going to suggest five principles that might inform a speculative ethics of restoration. Hence, as a matter of ontological transparency, every AI completion must be clearly marked as the result of speculation or probability model (algorithmically completed vs restored). Yet, as the idea of pluralism and participatory suggests, algorithmic predictions as well as traditional expert drawings should be presented side by side rather than presenting a

single correct completion allowing viewers to grasp the nature of historical uncertainty and interpretive dimension of restoration. The algorithmic accountability principle should keep metadata like what architecture the employed model is built upon the extent and limitations of the trained dataset and other variables motivating decision-making in a QR code or portal on its website. The principle of bias awareness and diversity means that if you are doing a project you need to actively interrogate cultural gendered and geographical biases in the datasets used as well as working on increasing these (where possible), promoting models trained specifically on certain cultural traditions rather than relying on one universal model. The logics of hybrid expertise are to one extent or another imagined as a process that is not either algorithmic or traditional but rather coordinated by a team — art historians politicians data scientists ethicists and others who would undertake the heavy work of keeping what is at stake in any algorithmic output continually in dialogue with human critique and selection. In the end AI-based painting restoration should be treated not as a problem to solve but a philosophical question. It asks us to think differently about loss the limits of prediction and how we could responsibly lovingly animate the past without icing over or distorting it.

As we embrace this technology our goal should not be to fix the past but to have a richer more honest conversation with it that embraces all its complexity beauty and incompleteness. Historical gaps are not simply blanks in need of filling they are spaces for contemplation imagination and reverence. I think this is the job of AI: not to eliminate these intervals, but to light them up in meaningful ways.



Research Article / Araştırma Makalesi

Yapay Zeka Tabanlı Resim Restorasyonunda Ontolojik ve Etik Sınırlar

Öz

Bu araştırma yapay zeka (YZ) tabanlı resim restorasyonu alanında özellikle derin öğrenme modellerine dayalı tahmine dayalı tamamlama (inpainting) algoritmalarının, tarihsel ve maddi boşlukları doldurma pratiğini ontolojik ve etik açılardan eleştirel bir analize tabi tutmayı amaçlamaktadır. Çalışma bu teknolojilerin yalnızca teknik bir başarı olarak değil aynı zamanda kültürel mirasın ontolojisini (varlık koşullarını) ve tarihsel bilginin üretimini yeniden şekillendiren bir pratik olarak anlaşılması gerektiğini savunmaktadır. Gelişmiş modeller (ör. GAN'lar, Difüzyon Modelleri), hasarlı veya eksik bir sanat eserinin mevcut bağlamından yola çıkarak olası ve görsel olarak tutarlı tamamlamalar üretme kapasitesine sahiptir. Ancak bu "tahmine dayalı arkeoloji", otantiklik, niyet, maddesellik ve tarihsel belirsizlik gibi temel kavramları sorgulamaktadır. Makale, öncelikle geleneksel restorasyon etiği (Brandi, 1963; Riegl, 1903), ile bilgisayarlı görü ve derin öğrenme literatürünü (Pathak vd., 2016; Lizuka vd., 2017) sentezler. Ardından, metodolojik bir çerçeve sunarak, algoritmik karar verme süreçlerinin, veri seti önyargılarının ve stokastik çıktılarının, restorasyonun "olanaklı dünyalarını" nasıl sınırladığını veya çarpıttığını inceler. Çalışma, "dijital palimpsest", "spekülatif otantisite" ve "algoritmik nostalgia" gibi kavramsal araçlar önererek, YZ'nin yaratabileceği tarihsel temsillerin doğasına odaklanır. Bulgular, YZ-tamamlamasının, yalnızca bir eseri "eski haline getirmedeğini", aynı zamanda onu, geçmişe dair güncel veri ve estetik varsayımlarla yüklü yeni bir hibrid nesneye dönüştürdüğünü göstermektedir. Bu süreç, restoratörün geleneksel otoritesini algoritmaya devrederken, izleyiciyi bir "tarihsel olasılık" illüzyonu ile karşı karşıya bırakır. Sonuç olarak, bu makale, ontolojik belirsizliği kabul eden, şeffaflığı ve katılımı öncelleyen yeni bir etik çerçevenin aciliyetini ortaya koymaktadır. YZ restorasyonu, bir tamir aracından ziyade, kültürel belleğin yorumlanması ve temsiline dair derin felsefi soruları gündeme getiren bir "uygulamalı tarih felsefesi" alanı olarak değerlendirilmelidir.

Anahtar Kelimeler: Yapay Zeka Restorasyonu, Tahmine Dayalı Tamamlama, Restorasyon Etiği, Kültürel Miras Ontolojisi, Derin Öğrenme, GAN, Spekülatif Otantisite, Dijital Palimpsest.

1. Giriş

Kültürel İnsanlığın maddi belleğiyle kurduğu en hassas ilişkilerden biri kültürel mirasın korunması ve aktarımıdır. Geleneksel restorasyon zamanın doğanın veya insan elinin yıpratmış bir sanat eserini bilimsel analizler tarihsel belgeler ve uzman yorumu ışığında müdahaleci ama saygılı bir şekilde iyileştirme pratiğidir. Cesare Brandi'nin (1963) meşhur tanımıyla restorasyon potansiyel birlik ilkesi uyarınca eserin sanatsal bütünlüğünü ancak tarihsel maddeselliğine saygı duyarak ve her müdahalenin ayırt edilebilir olması koşuluyla mümkün kılma çabasıdır. Bu pratik her zaman otantisite özgünlük müdahalenin geri döndürülebilirliği ve tarihsel katmanların saygınlığı gibi etik ikilemlerle kuşatılmıştır (Muñoz Viñas, 2005). 21.yüzyılda dijital teknolojiler bu alana önce belgeleme ve analiz araçları olarak ardından da aktif müdahale araçları olarak dahil oldu. Son on yılda ise derin öğrenme özellikle Evrişimli Sinir Ağları ve

Üretici Çekişmeli Ağlar sayesinde yapay zeka tabanlı görüntü işleme restorasyon pratiğinde radikal bir dönüşümün eşiğine gelmiştir (Yang vd. 2020). Tahmine dayalı tamamlama olarak adlandırılan bu teknikler bir görüntüdeki eksik veya bozulmuş bölgeyi görüntünün geri kalanından öğrenilen istatistiksel kalıplara dayanarak içerik ve doku açısından inandırıcı bir şekilde doldurmayı amaçlar (Pathak vd. 2016; Iizuka vd. 2017). Bir rönesans tablosundaki çatlakların giderilmesi bir freskteki kopuk figürün tamamlanması veya bir portredeki hasarlı yüz bölgesinin onarılması artık teknik olarak mümkün görünmektedir.

Ancak bu teknik olasılık beraberinde derin ontolojik ve etik sorular getirmektedir. Yapay zeka bir tahmin sunar bir gerçeklik değil. Bu tahmin eğitildiği veri setlerinin istatistiksel dağılımlarından seçilen mimarının önyargılarından ve optimizasyon sürecinin stokastik doğasından kaçınılmaz olarak etkilenir. Algoritma Rönesans'ta bir el nasıl çizilirdi sorusuna binlerce Rönesans tablosundan türettiği ortalama olası bir yanıt verir. Peki bu ortalama el kayıp orijinalin yerini alabilir mi? Ya da daha da önemlisi bu dijital tamamlama orijinal eserin ontolojik statüsünü nasıl değiştirir? Eser artık yalnızca fiziksel bir nesne midir yoksa fiziksel ve dijital katmanlardan oluşan bir hibrid varlık mıdır? Bu araştırma tam da bu sınırdadır. Çalışmanın temel argümanı YZ tabanlı tahmine dayalı tamamlamanın basit bir konservasyon aracı olmanın ötesinde bir spekülatif restorasyon pratiği olduğu ve bu pratiğin kültürel mirasın ne olduğuna nasıl korunması gerektiğine ve geçmişle nasıl bir diyalog kurduğumuza dair yerleşik anlayışları temelden sarsabileceğidir. Bu bağlamda araştırmanın temel soruları aşağıdaki tabloda özetlenmiştir.

Soru No	Soru Metni
1	Yapay zeka tabanlı tahmine dayalı tamamlama algoritmaları geleneksel restorasyon etiğinin temel ilkeleri (otantisite ayırt edilebilirlik minimal müdahale) karşısında nasıl bir meydan okuma oluşturmaktadır?
2	Bu algoritmaların ürettiği dijital içerik orijinal sanat eserinin ontolojik statüsünü nasıl dönüştürür? Dijital palimpsest kavramı bu hibrid varlığı açıklamak için nasıl kullanılabilir?
3	Algoritmik tahminin dayandığı veri setleri ve istatistiksel modeller tarihsel boşlukları doldururken hangi tür önyargıları ve estetik normları yeniden üretme riski taşır?
4	Bu pratiği yönetmek için nasıl bir yeni etik ve kavramsal çerçeve geliştirilebilir?

Tablo 1: Araştırmanın temel soruları

2. Literatür taraması

Modern restorasyon teorisinin temelleri 19. yüzyılın iki karşıt kutbunda şekillenir. John Ruskin ve William Morris restorasyonu bir yıkım biçimi olarak niteleyip korumayı yani mevcut durumun olduğu gibi muhafaza edilmesini savunurken (Ruskin, 1849), Fransız mimar Eugène Viollet-le-Duc bir yapıyı tam ve eksiksiz bir duruma getirmeyi amaçlayan müdahaleci anlayışın öncülüğünü yapmıştır. Bu gerilim Alois Riegl'in 1903 tarihli çağdaş değer ile tarihsel değer ayrımında açıkça görülür. Riegl'e göre bir eserin tarihsel değeri zamanın izlerini taşıyan patinada ve yıpranmışlıkta saklıyken çağdaş değer eserin estetik bütünlüğüne ve işlevselliğine vurgu yapar. Bu ikilik aslında günümüzde yapay zeka destekli restorasyon tartışmalarının da

özünü oluşturur. Zira algoritmaların mükemmelleştirme arzusu tarihsel katmanları silme riski taşır.

20.yüzyılın ortalarında Cesare Brandi Teoria del Restauro adlı eseriyle alana yön veren ilkeleri ortaya koydu. Brandi restorasyonun sanat eserini hem estetik bir bütün hem de tarihsel bir belge olarak ele alması gerektiğini söyler. Ona göre müdahale orijinal malzemeye zarar vermemeli açıkça ayırt edilebilir olmalı ve eserin potansiyel birliğini geri kazandırmalıdır. Bu yaklaşım Venedik Tüzüğü (1964), başta olmak üzere birçok uluslararası belgenin omurgasını oluşturdu. Ancak Brandi'nin ortaya koyduğu kesin sınırlar zamanla sorgulanmaya başlandı. Salvador Muñoz Viñas çağdaş restorasyon teorisinde restorasyonun nesnel bir bilim olmadığını tam tersine öznellik barındırdığını ve eserin anlamının her kuşakta yeniden inşa edildiğini vurgular (Muñoz Viñas, 2005). Bu bakış açısı günümüzde yapay zekanın ürettiği spekülative restorasyonları anlamlandırmak için de kritik bir zemin sunar. Zira dijital tamamlama pratiği tıpkı Muñoz Viñas'ın betimlediği gibi anlamın yeniden üretildiği öznel bir süreçtir.

3. Dijital ve yapay zeka tabanlı restorasyon teknikleri

Dijital restorasyonun ilk adımları Photoshop gibi fotoğraf işleme yazılımlarıyla geleneksel retuş yöntemlerinin dijital ortama aktarılmasıyla atıldı. Bu evrede uzman operatörün el becerisi ve karar alma süreci belirleyiciydi ancak derin öğrenmenin özellikle Evrişimli Sinir Ağlarının yükselişi alanı otonom sistemlere doğru dönüştürdü. Pathak ve arkadaşları (2016), Context Encoders çalışmasında ESA kullanarak eksik görüntü parçalarını semantik olarak anlamlı biçimde tamamlamayı başardı. Iizuka ve arkadaşları (2017), yerel ve küresel bağlamı birlikte işleyen mimariler önerdi. Asıl sıçrama Üretici Çekişmeli Ağlarla yaşandı. Bir üretici ağ ile bir ayırt edici ağın çekişmesine dayanan bu yöntem görsel olarak tutarlı ve estetik açıdan ikna edici sonuçlar üretti (Yu vd., 2018). Son dönemde GANlara alternatif olarak difüzyon modelleri ortaya çıktı (Ho vd., 2020). Görüntüye kademeli gürültü ekleyip bu süreci tersine çevirerek öğrenen bu modeller daha çeşitli ve yüksek kaliteli sonuçlar vaat ediyor. Bu teknikler The Next Rembrandt projesi gibi spekülative yeniden yaratımlardan Lahey'deki Night Watch restorasyonunda kullanılan dijital tamamlamalara kadar çeşitli uygulamalarda kendine yer buldu. Ancak tüm bu teknik ilerleme beraberinde ontolojik ve etik soruları getirdi. Teknik literatür hızla kalınlaşırken bu pratiğin felsefi ve etik boyutlarına dair kapsamlı çalışmalar seyrek kaldı. Manovich (2001), dijital nesnelere değişken modüller ve programlanabilir doğasını vurgulayarak bunların geleneksel sanat nesnelere radikal farkını ortaya koydu. Cameron (2007), dijital teknolojilerin kültürel mirası pasif nesneden aktif katılımcı sürece dönüştürdüğünü savundu.

YZ restorasyonu mirasın kim tarafından ve neye göre yeniden oluşturulduğu sorusunu daha karmaşık hale getiriyor. En kritik eleştiriler algoritmik önyargı üzerine odaklanıyor. Ağırlıklı Batılı erkek sanatçı verisiyle eğitilen modeller diğer kültürel geleneklere ait boşlukları doldururken bu estetik normları dayatma riski taşıyor. Üstelik tahmine dayalı modeller ortalama ve kanonik olana yönelme eğilimiyle tarihsel aykırılıkları deneyselliği bireysel tuhaflıkları silebilir. Bu çalışma söz konusu literatürü bir araya getirerek YZ tabanlı restorasyonun ontolojik ve etik boyutlarını teknik kapasitelerden ayrı düşünmeden sistematik ve kavramsal bir çerçevede analiz etmeyi hedefliyor.

3.1. Yöntem ve Kavramsal Çerçeve

Bu çalışma nitel ve kavramsal bir araştırma deseni benimsiyor. Ampirik veri toplamak yerine mevcut teknolojileri teorileri ve pratik vaka örneklerini ontolojik ve etik açıdan eleştirel analize tabi tutmayı hedefliyor. Metodolojik omurgayı ontolojik sorgulama ve etik ikilemlerin haritalanması oluşturuyor. Ontolojik sorgulamada YZ tamamlamasına uğramış bir sanat eserinin varlık koşullarını inceliyorum. Temel soru şu: Bu nesne nedir? Bu soruyu yanıtlamak için iki kavramsal araç geliştiriyorum. İlki dijital palimpsest. Palimpsest üzeri kazınarak yeniden yazılmış ama alt katmandaki yazıların izleri hâlâ görülebilen parşömandır. YZ ile restore edilmiş bir eser de benzer şekilde fiziksel orijinal katman fiziksel restorasyon ve bozulma katmanları ve en üstte dijital algoritmik tahmin katmanından oluşan çok katmanlı bir yapıdır. Her katman farklı bir zamana nedenselliğe ve niyete işaret eder. Dijital katman fiziksel katmanla organik bütünlük içinde değil arayüz üzerinden ilişki kurar. İkinci kavram spekülative otantisite. Geleneksel otantisite nesnenin kökenine yapım sürecine ve maddesel sürekliliğine atıfta bulunur. YZ tamamlaması bu kavramı spekülative alana çeker. Artık otantisite yalnızca orijinal olan değil aynı zamanda olasılıkları yüksek olan veya bağlamsal olarak tutarlı olanla ilişkilendirilir. Bu istatistiksel bir otantisite biçimidir ve sezgisel uzman tabanlı otantisiteden ayrışır. Kanımca bu ayrım gelecekteki restorasyon pratiklerinin meşruiyet zemini açısından belirleyici olacak.

Etik ikilemlerin haritalanması aşamasında pratiğin yol açtığı somut sorunları Brandigil ilkeler ve çağdaş etik teoriler ışığında sistematik biçimde ele alıyorum. Ayırt edilebilirlik ilkesinin dönüşümü kritik bir eşik. Geleneksel restorasyonda ayırt edilebilirlik fiziksel malzeme veya dokudaki farkla sağlanır. Dijital tamamlama fiziksel yüzeyi değiştirmez ekran üzerinde bir projeksiyon veya ayrı bir dijital dosyadır. Bu durumda ayırt edilebilirlik görüntüleme moduna yani orijinal ve tamamlanmış modlar arasında geçiş yapabilmeye veya meta veriye algoritma tarih gerekçe bilgisine bağlı hale gelir. Bu ilkenin ruhunu korurken biçimini değiştirir. Minimal müdahale ilkesi de benzer bir dönüşüm geçiriyor. Fiziksel müdahaleyi sınırlamayı hedefleyen bu ilke dijital ortamda fiziksel olarak minimaldir hatta sıfırdır. Ancak semantik ve görsel olarak müdahale çok daha kapsamlı ve kesin olabilir. Bir GAN kayıp bir figürü geleneksel bir restoratörün asla yapmayacağı kadar eksiksiz ve kusursuz biçimde oluşturabilir. Bu aşırı tamamlanma riski taşır eserin tarihsel yıpranmışlığını belirsizliğini yok ederek onu yeni gibi gösterebilir. Şeffaflık ve hesap verebilirlik ise YZnin kara kutu olma eğilimiyle doğrudan ilgili. Hangi veri setiyle eğitildi? Hangi pikselin neden o renk ve şekilde seçildiği açıklanabilir mi? Etik bir restorasyon sürecin şeffaf olmasını ve kararların gerekçelendirilebilmesini zorunlu kılar. Açıklanabilir YZ tekniklerinin bu alana entegrasyonu bu nedenle hayati önem taşır (Gunning vd., 2019). Ben bu teknolojilerin geliştiricileri kadar kullanıcılarının da etik sorumluluk taşıdığını düşünüyorum.

4. Vaka Analizleri ve Bulgular

Kavramsal çerçeveyi somutlaştırmak için iki kurgusal ama gerçekçi vaka üzerinde düşünelim. İlki belgesel eksiklik vakası: Bir Rönesans tablosunda fiziksel olarak tamamen yok olmuş bir figürün aynı sanatçının diğer eserleri ve dönemin stil özellikleriyle eğitilmiş bir modelle tamamlanması mesela bir predella panosundaki kayıp aziz. İkincisi hasarlı yüzeyin tamiri vakası: Bir portredeki geniş yüzeyel bir hasarın çizik veya boya dökülmesinin giderilmesi model bozulmamış cilt dokusunu tahmin etmeye çalışır. Her vakada ontolojik statü nasıl değişir hangi etik ilkeler baskın gelir veya ihlal edilir algoritmik karar insan yorumundan nasıl

farklılaşır sorularını sorduğumuzda YZ tamamlamasının sanat eserini statik bir nesne olmaktan çıkarıp dinamik bir sürecin kristalleşmiş hali haline getirdiğini görüyoruz. Dijital palimpsest metaforu burada aydınlatıcıdır: fiziksel tablo gösterge olarak sabit kalırken dijital tamamlama katmanı kullanıcı arayüzüne bağlı olarak açılıp kapanabilir şeffaflığı değiştirilebilir veya farklı algoritmik versiyonlarla değiştirilebilir. Bu eseri sabit bir gerçeklikten ziyade görüntüleme bağlamına bağlı bir dizi olası görünüm olarak konumlandırır ve nesnenin kimliği tekillikten çoğulluğa doğru kayar. Bence bu çoğulluk restorasyon etiğinin yeniden düşünülmesini zorunlu kılıyor.

Ontolojik dönüşümün ikinci boyutu zamanın doğasıyla ilgili. Geleneksel bir eser geçmişten gelen bir emanetken YZ tamamlaması esere gelecekte bir enjeksiyon yapar. Algoritma geçmiş verilerden öğrenir ancak ürettiği içerik o anki teknolojik kapasitenin ve veri setinin bir ürünüdür. Bu eserde kronolojik olarak lineer olmayan sıklık veya katmanlı bir zaman anlayışını dayatır. Eser hem geçmişi hem de geleceği tahmini aynı anda temsil eden bir zaman nesnesi haline gelir. Spekülatif otantisite kavramı da tam bu noktada izleyici deneyimini radikal biçimde değiştirir. Bir müze ziyaretçisi tamamlanmış dijital bir projeksiyona baktığında tarihsel bir gerçeklikle değil yüksek çözünürlüklü ikna edici bir tarihsel olasılık simülasyonu ile karşı karşılaşır. Bu simülasyonun gücü aynı zamanda tehlikesidir çünkü belirsizliği ve kaybı görünmez kılarak geçmişe dair yanlış bir tamamlık ve kesinlik duygusu yaratabilir. Kanımca bu durum geleneksel restorasyonun kutsadığı patina ve zaman izi gibi değerleri de sorgulamaya açar.

5. Etik İlkelerin Algoritmik Sınırlar

YZ restorasyonunun geleneksel etik ilkelerle imtihanı ilkelerin ruhunu korurken biçimlerini kökten değiştiriyor. Ayırt edilebilirlik ilkesi fiziksel malzemedeki farkla sağlanırken dijital müdahale fiziksel yüzeyi değiştirmediği için bu ilke anlamını yitiriyor. Ancak ilkenin ruhu etkileşimli şeffaflıkla korunabilir. Etik bir YZ restorasyonu kullanıcının dijital katmanı açıp kapatmasına farklı tamamlama seçeneklerini görmesine ve algoritmik karar sürecine dair temel meta veriye erişmesine olanak tanımalıdır. Örneğin bu tamamlama 15. yüzyıl İtalyan resimlerinin yüzde 75'ini içeren ArtNet veri setiyle eğitilmiş Stable Diffusion modeli kullanılarak oluşturulmuştur gibi bir açıklama restorasyonu sorgulanabilir bir diyaloga dönüştürür. Minimal müdahale ilkesi ise bambaşka bir açmaz yaratıyor. Fiziksel olarak sıfır müdahale anlamına gelen dijital işlem semantik ve görsel olarak çok daha kapsamlı olabilir. Vaka analizleri GAN gibi modellerin bağlamın ötesine geçen yeni ama stilistik uyumlu öğeler icat etme eğiliminde olduğunu gösteriyor. Kayıp bir el tamamlanırken orijinalde olmayan bir yüzük veya kıvrım eklenmesi minimal müdahale ruhuna aykırıdır çünkü sadece kaybı gidermekle kalmaz yeni spekülatif içerik ekler. Bence bu aşırı tamamlama riski ancak insan uzmanının aktif katılımı ve model çıktısının titiz eleştirisiyle kontrol edilebilir aksi halde algoritma tarihsel yıpranmışlığı silerek eseri yeni gibi gösterme tehlikesi taşır. En ciddi etik sorun veri seti önyargısından kaynaklanıyor.

Batı merkezli veri setleriyle eğitilmiş bir model Afrika maskesindeki eksikliği tamamlarken Avrupa heykel estetiğini dayatabilir. Daha incelikli bir sorun ise modellerin tarihsel çeşitliliği ve deneyselliği ortalamaya indirgeme eğilimidir. Sanat tarihi normları kıran yenilikçilerle doludur. Caravaggio'nun kayıp bir eserini tamamlayan algoritma onun dramatik ışık gölge kullanımını öğrenebilir ama kompozisyondaki radikal beklenmedik bir öğeyi asla tahmin

edemeyebilir çünkü bu veri setindeki ortalama Caravaggio'da bulunmaz. Bu tarihi istatistiksel olarak olası olana indirgeyerek düzleştirir. Üstelik geleneksel restorasyonda restoratör ve sanat tarihçisi arasında sınırlı olan otorite YZ ile birlikte dağılıyor. Veri seti küratörleri model mimarları algoritma geliştiricileri ve arayüz tasarımcıları gibi yeni aktörler devreye giriyor. Restorasyon kararı artık tek bir uzmanın yorumu değil bu dağınık aktörler ağının kolektif ürünü. Bu durum hesap verebilirliği karmaşıklaştırırken nesnel ve tarafsız olduğu varsayılan makine çıkarımına duyulan güveni yani algoritmik otoriteyi sorgulamaya açıyor. Kanımca bu yeni aktörler ağının etik sorumluluğu da tıpkı fiziksel restorasyondaki gibi belgelenebilir ve denetlenebilir olmalıdır.

Sonuç ve Öneriler

Bu araştırma yapay zeka tabanlı tahmine dayalı tamamlamanın restorasyon pratiğini teknik bir ilerleme olmanın ötesine taşıdığını gösterdi. YZ bir boşluğu doldurmaz aksine olasılıklarla dolu bir alan açar ve bu alanı nasıl yönettiğimiz kültürel mirasa yaklaşımımızı belirler. Bence bu teknoloji bizi mirasın ontolojisi tarihsel bilginin üretimi ve geçmişle etik angajmanımız üzerine yeniden düşünmeye zorluyor. Çalışmanın bulguları ışığında spekülasyon etiği için beş ilke öneriyorum. Ontolojik şeffaflık ilkesi her YZ tamamlamasının açıkça bir spekülasyon veya olasılık modeli olarak etiketlenmesini restore edilmiş değil algoritmik olarak tamamlanmış gibi terminoloji kullanılmasını gerektirir. Çoğulculuk ve katılım ilkesi tek bir doğru tamamlama sunmak yerine birden fazla algoritmik tahmin ve hatta geleneksel uzman çizimlerini yan yana sunmayı önerir böylece izleyici tarihsel belirsizliğin doğasını ve restorasyonun yorumlayıcı boyutunu görebilir. Algoritmik hesap verebilirlik ilkesi kullanılan modelin mimarisi eğitim veri setinin kapsamı ve sınırlılıkları karar vermeye etki eden faktörler gibi meta verilerin QR kod veya web portalı aracılığıyla erişilebilir olmasını zorunlu kılar. Önyargı farkındalığı ve çeşitlilik ilkesi projelerin kullanılan veri setlerindeki kültürel cinsiyete dayalı ve coğrafi önyargıları aktif sorgulamasını ve mümkünse çeşitliliği artırmak için çalışmasını gerektirir tek bir evrensel model yerine belirli kültürel geleneklere özgü eğitilmiş modellerin kullanımı teşvik edilmelidir. Hibrid uzmanlık ilkesi sürecin ne salt algoritmik ne de salt geleneksel olmamasını sanat tarihçisi konservatör veri bilimci ve etikçiden oluşan hibrid bir ekip tarafından yönetilmesini algoritmik çıktılarının insani eleştirisi ve seçimle sürekli diyalog halinde olmasını öngörür. Sonuç olarak yapay zeka tabanlı resim restorasyonu bir problem çözme aracı olarak değil bir felsefi meydan okuma olarak ele alınmalıdır. Bize kaybın anlamını tahminin sınırlarını ve geçmişi onu dondurmaktan veya çarpıtmaktan nasıl yaratıcı ve sorumlu bir şekilde canlandırabileceğimizi sorguladır.

Bu teknolojiyi benimserken amacımız geçmiş düzeltmek değil onunla tüm karmaşıklığı güzelliği ve eksikliğiyle daha zengin ve daha dürüst bir diyalog kurmak olmalıdır. Tarihsel boşluklar sadece doldurulacak boşluklar değil düşüneceğimiz hayal edeceğimiz ve saygı duyacağımız aralıklardır. Yapay zekanın görevi bu aralıkları yok etmek değil onları anlamlı bir şekilde aydınlatmaktır kanısındayım.

Kaynakça (References)

Brandi, C. (1963). *Teoria del restauro*. Edizioni di Storia e Letteratura.

Cameron, F. (2007). Beyond the cult of the replicant: Museums and historical digital objects—Traditional concerns, new discourses. In F. Cameron & S. Kenderdine (Eds.), *Theorizing digital cultural heritage: A critical discourse* (pp. 49-75). MIT Press.

-
- Gunning, D., Stefik, M., Choi, J., Miller, T., Stumpf, S., & Yang, G.-Z. (2019). XAI— Explainable artificial intelligence. *Science Robotics*, 4(37), eaay7120.
- Iizuka, S., Simo-Serra, E., & Ishikawa, H. (2017). Globally and locally consistent image completion. *ACM Transactions on Graphics*, 36(4), 1-14.
- Manovich, L. (2001). *The language of new media*. MIT Press.
- Muñoz Viñas, S. (2005). *Contemporary theory of conservation*. Routledge.
- Pathak, D., Krahenbuhl, P., Donahue, J., Darrell, T., & Efros, A. A. (2016). Context encoders: Feature learning by inpainting. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 2536-2544.
- Riegl, A. (1903). *Der moderne Denkmalkultus: Sein Wesen und seine Entstehung*. W. Braumüller.
- Ruskin, J. (1849). *The seven lamps of architecture*. Smith, Elder and Co.
- Yang, J., Qi, Z., & Shi, Y. (2020). Learning to incorporate structure knowledge for image inpainting. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 34(07), 12605-12612.
- Yu, J., Lin, Z., Yang, J., Shen, X., Lu, X., & Huang, T. S. (2018). Generative image inpainting with contextual attention. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 5505-5514.