

Universität
Rostock



Traditio et Innovatio

Dissertation

A multifaceted Model for the layered Orchestration of independent Visual Analysis Tools

zur

Erlangung des akademischen Grades

Doktor-Ingenieur (Dr.-Ing)

der Fakultät für Informatik und Elektrotechnik

der Universität Rostock

vorgelegt von Lars Nonnemann

geboren am 12.06.1994 in Crivitz

wohnhaft in Ziesendorf Ortsteil Fahrenholz

Rostock, 10. November 2024

Kurzfassung

Die wachsende Menge an Informationen, die wir täglich erzeugen und sammeln, erfordert neue, ausgeklügelte Lösungen, um Analysen zu erleichtern und Erkenntnisse daraus zu gewinnen. Aus diesem Grund werden stetig neue "Visual Analytics Werkzeuge" entwickelt, die auf spezifische Anwendungsdomänen zugeschnitten sind. Die Umsetzungen reichen dabei von deskriptiven Bibliotheken bis hin zu vollumfänglichen Frameworks, die darauf abzielen, den Arbeitsablauf von Domänenexperten zu erleichtern. Die heterogene und isolierte Natur dieser Tools stellt jedoch eine Herausforderung dar, wenn unterschiedliche Datenquellen und Funktionalitäten kombiniert werden müssen. Um mit diesem Problem umzugehen, beinhalten aktuelle Methoden zur Koordination von Tools entweder die Erstellung eines neuen Systems, das alle Funktionen integriert, oder erfordern, dass Benutzer in den verschiedenen Phasen einer Analyse unterschiedliche Tools manuell anwenden. Beide Ansätze sind ressourcenintensiv und umständlich, was die Benutzerfreundlichkeit und Effizienz für Domänenexperten einschränkt.

Um eine flexiblere Lösung zu finden, präsentiert diese Arbeit einen neuartigen Ansatz zur Orchestrierung von Visual Analytics Werkzeugen durch ein mehrschichtiges, workflow-orientiertes Koordinationsmodell. Dieses Modell zielt darauf ab, die konzeptionellen, räumlichen und zeitlichen Trennungen der interaktiven visuellen Analyse zu überwinden, welche die effektive Anwendung von Multi-Tool-Workflows derzeit behindern. Durch ein leichtgewichtiges Koordinationsmodell ermöglicht der Ansatz eine flexible, minimal invasive Kopplung auf der Datenebene zwischen ansonsten unabhängigen Werkzeugen. Ergänzt durch einen ausgearbeiteten Ansatz für UI-Ensembles auf der Ansichtsebene bietet diese Arbeit daher eine praktikable Lösung für das Mantra "Integrate what is necessary and couple what is possible", um den domänenspezifischen Anforderungen der Benutzer gerecht zu werden.

Das vielschichtige Modell wurde durch eine Konfigurations- sowie eine Steuerungsschnittstelle operationalisiert und als Open-Source-Anwendung implementiert. Die Anwendung wurde dabei in einem dreistufigen Evaluierungsprozess gemeinsam mit verschiedenen Benutzergruppen entwickelt und optimiert, um die benutzerorientierte Erstellung und Ausführung von Workflows in Form von analytischen Werkzeugketten zu unterstützen. Die schrittweise Evaluierung bestätigte die Umsetzbarkeit des Ansatzes in praktischen Szenarien, insbesondere in der medizinischen Datenanalyse, wo die Effizienz und Benutzerfreundlichkeit der Arbeitsabläufe durch eine Anpassung an die realen Analyseprozesse der Benutzer verbessert wurden.

Durch die Verknüpfung unabhängiger visueller Analysen über eine einheitliche Schnittstelle legt diese Arbeit den Grundstein für nachhaltige, anpassungsfähige Prozesse mit mehreren Visual Analytics Werkzeugen und fördert den Übergang zu zugänglicheren, benutzerorientierten und integrierten Lösungen im Bereich der visuellen Analyse.

Abstract

The growing amount of information that is generated and collected every day necessitates new sophisticated solutions to facilitate analysis and derive insights. Hence, new domain-specific visual analytics tools are constantly being developed, ranging from descriptive libraries to fully defined frameworks meant to simplify the user's workflow. However, the heterogeneous and isolated nature of these tools creates challenges for scenarios in which diverse data sources and functionalities need to be combined. Current methods that deal with tool coordination either involve creating a new system that integrates all functions or require users to utilize different tools at various stages of the analysis manually. In consequence, both approaches are resource-intensive and cumbersome, limiting usability and efficiency for domain experts. In order to find a more flexible solution, this thesis proposes a novel approach to the orchestration of visual analytics tools through a layered, flow-oriented coordination model. This model aims to overcome the conceptual, spatial, and temporal separations of interactive visual analysis that impede effective multi-tool workflows. Using a lightweight coordination model, it emphasizes flexible, minimally invasive coupling between otherwise independent visual analytics tools on the data. Together with an elaborated approach for user interface ensembles on the view level, it thereby presents itself as a viable solution to integrate what is necessary and couple what is possible according to the user's domain-specific requirements. This multifaceted model is operationalized through both a configuration and a control interface implemented as an open-source software application. It was designed and re-shaped through a three-stage evaluation process together with various user groups to aid the editorial creation and execution of user-defined workflows in the form of analytical toolchains. The stage-wise evaluation thereby demonstrated the model's effectiveness in practical application scenarios, specifically in medical data analysis, where it improved workflow efficiency and usability by aligning tools with users' real-world analytical processes. By bridging independent visual analytics through a unified interface, this work lays the groundwork for sustainable, adaptable multi-tool processes, advancing the field of visual analytics toward more accessible, user-oriented, and workflow-integrated solutions.