

Benutzeroberflächen von MBSE-Tools und deren Auswirkung auf neurodivergente Systemarchitekten

Mareike Victoria Keil¹, Oliver Bleisinger²

¹Universität Mannheim, Lehrstuhl für Künstliche Intelligenz, L9 7, 68161 Mannheim, mareike.victoria.keil@students.uni-mannheim.de

²Johannes Gutenberg-Universität Mainz, Institut für Informatik, Saarstr. 21, 55122 Mainz, obleisin@uni-mainz.de

Keywords: *User Interface, MBSE, Neurodivergenz, Inklusion*

Zusammenfassung. Das UN-Nachhaltigkeitsziel 10 („Ungleichheiten reduzieren“) fordert gleiche Chancen für alle Menschen, auch neurodivergenter Personen, um z.B. im Berufsfeld des Systems Engineering einen Beitrag zu leisten. Zudem bietet die Nutzung der Potenziale neurodivergenter Arbeitskräfte einen Ansatzpunkt, um einem Fachkräftemangel zu begegnen. Da Modellierungswerkzeuge (MBSE-Tools) eine wichtige Rolle in der Berufspraxis im Model-Based Systems und Software Engineering spielen, sind geeignete Benutzeroberflächen zur Inklusion neurodivergenter Menschen elementar. Derzeit gibt es kaum Forschung in diesem Bereich, da neurodivergente Gruppen, wie z. B. Autisten, regelmäßig als behindert und somit als nicht qualifiziert angesehen werden. Die hier vorgestellte Forschung verfolgt einen anderen Ansatz und betrachtet die Fähigkeiten neurodivergenter Systemarchitekten als wertvollen Beitrag zum Systems Engineering. Durch zielführend gestaltete Benutzeroberflächen für diese Anwendergruppe wird das Erkennen und Verstehen hochkomplexer systemischer Zusammenhänge bestmöglich unterstützt. Dieser Beitrag stellt den Bedarf und erste Ergebnisse eines Leitfadens für Benutzeroberflächen neurodivergenter Menschen dar.

1 Einleitung und Motivation

Das zehnte der UN-Nachhaltigkeitsziele (SDG 10), insbesondere SDG 10.2, konzentriert sich auf die Stärkung der "sozialen, wirtschaftlichen und politischen Eingliederung aller, unabhängig von Alter, Geschlecht, Behinderung, Rasse, ethnischer Zugehörigkeit, Herkunft, Religion oder wirtschaftlichem oder sonstigem Status" [1]. Darüber hinaus fordert SDG 8.5 "produktive Vollbeschäftigung und menschenwürdige Arbeit für alle Frauen und Männer, auch für junge Menschen und Menschen mit Behinderungen, sowie gleiches Entgelt für gleichwertige Arbeit" [2]. Obwohl Neurodivergenz, wie z.B. Autismus, von den Autoren dieser Publikation nicht zwangsläufig als Behinderung angesehen wird, kann aus SDG 10.2 und SDG 8.5 gefolgert werden, dass neurodivergenten Menschen der gleiche Zugang mit identischen Chancen in der Arbeitswelt wie neurotypischen Personen gewährt werden sollte. Dies umfasst auch die Chancengleichheit in Berufen des Systems Engineering, insbesondere des Systemarchitekten, um einen Mehrwert durch ihre Arbeitstätigkeit zu liefern.

Aktuell wird in der Forschung und je nach Quelle davon ausgegangen, dass 10-20% [3, 4] der Weltbevölkerung neurodivergente Charakteristiken aufweist. Der Bedarf der Inklusion dieser Personengruppe wurde im Rahmen des systems.camp Rhein-Neckar der GfSE erkannt und diskutiert. Zudem stellen Unternehmen wie SAP vermehrt Autisten ein, da sie die Potenziale dieser Mitarbeiter erkannt haben [5, 6]. Im Rahmen der im Beitrag vorgestellten Forschung wurden daher auch Anforderungen neurodivergenter Personen bei SAP erhoben.

Der Begriff Neurodiversität beschreibt die Haltung, existierende neurologische Unterschiede bei Menschen zu akzeptieren. Meistens wird die neurologische Vielfalt entlang der Autismus-Spektrum-Störung (ASS) sowie anderer neurologischer Erkrankungen wie die Aufmerksamkeitsdefizit-Hyperaktivitätsstörung (ADHS) als Teil der natürlichen Variation betrachtet. Um zwischen neurologisch typischen und atypischen Personen zu unterscheiden, wurden die Begriffe *neurotypisch* und *neurodivergent* eingeführt. Zu den Neurodivergenten gehören unter anderem Personen mit ASS, ADHS oder Hochbegabung. Allgemein umfasst der Begriff Personen, deren Denkweise von der Gesellschaft als atypisch und abweichend von der Norm wahrgenommen wird. [6, 7]

Im Bereich der IT-Systeme/-Werkzeuge (IT-Tools) stehen Entwickler oft vor dem Problem, dass ihre Tools von den Benutzern abgelehnt werden, obwohl diese einen relevanten Mehrwert für ihre Anwendungsdomäne liefern. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Gestaltung der Benutzeroberfläche (EN: User Interface, kurz: UI), trotz der elementaren Bedeutung für die Anwendungen, oft vernachlässigt wird [8, 9]. IT-Tools werden daher häufig als nicht benutzerfreundlich wahrgenommen, wodurch eine defensive Haltung [10] entsteht und folglich die Funktionen des Tools nicht in vollem Umfang genutzt werden [11]. Für neurodivergente Menschen stellt Unzufriedenheit mit dem UI eine große Problematik dar [12]. Sie sind bei der Nutzung des Systems nicht nur unzufrieden, sondern können unter Umständen sogar physische Schmerzen empfinden [13], was ihre Arbeitsleistung negativ beeinflusst. Um analog der UN-Nachhaltigkeitsziele eine Gleichberechtigung zu erreichen, müssen UIs sowohl den Anforderungen neurotypischer als auch neurodivergenter Menschen entsprechen, wobei die Bedürfnisse neurodivergenter Personen bisher kaum erforscht sind. Zur Förderung der Teilhabe Neurodivergenter in Berufen des Systems Engineerings müssen hierbei vor allem die Modellierungswerkzeuge im Fokus stehen, da Systems Engineering und Software Engineering zunehmend modellbasiert durchgeführt werden. Ziel der hier vorgestellten Forschung ist es, Anforderungen Neurodivergenter an UIs zu ermitteln, damit diese ihre Stärken im MBSE ausschöpfen können. Die Inklusion neurodivergenter Menschen könnte dabei zu neuen Erkenntnissen bei der Entwicklung hochkomplexer Systeme führen.

2 Vorgehen zur Anforderungsermittlung

Die hier vorgestellte Untersuchung befasst sich mit zwei Forschungsfragen:

- Welche Elemente müssen bei Benutzeroberflächen vorhanden sein, um die Stärken neurodivergenter Menschen im Arbeitsumfeld des MBSE zu nutzen?
- Wie sieht eine geeignete Metrik aus, um die Benutzererfahrung neurodivergenter Menschen mit Benutzeroberflächen von MBSE-Tools adäquat zu bewerten?

Zu Beginn der Untersuchung wurden Initialworkshops mit ADHSlern, Hochbegabten und Autisten durchgeführt, um UI-relevante Bewertungsbereiche zu identifizieren. In den Workshops wurde die (Un-)Zufriedenheit bei der Nutzung von (MBSE-)Tools abgefragt und anhand von Beispielen positive sowie negative Eigenschaften von UIs diskutiert. Mit Hilfe dieser Ergebnisse sowie Erkenntnissen aus der Literatur wurde eine Umfrage erstellt, um die Anforderungen an UIs sowohl von neurotypischen als auch neurodivergenten Personen zu ermitteln. Hierdurch soll ein optimales Ergebnis beim UI-Design für beide Gruppen erzielt werden. Die Umfrage beinhaltet sowohl persönliche Fragen über Berufliches, Erkrankungen sowie ggf. Auswirkungen als auch UI-spezifische Fragen (z.B. welche Elemente besonders wichtig sind). Zudem wurde die Gewichtung der identifizierten Bewertungsbereiche mittels Präferenzmatrix bestimmt, um anschließend eine Metrik für das UI-Design zu entwickeln. Zusätzlich wurden in der Umfrage zwei Beispiel-UIs durch die Teilnehmer bewertet. Die Erkenntnisse werden im Forschungsprojekt „Aufbau einer Entwicklungsplattform 4.0“ verprobt und in weiterführenden Workshops validiert. Zudem wird die Metrik exemplarisch auf verschiedene Werkzeuge für MBSE angewandt.

Es sei angemerkt, dass adaptive UI-Design Ansätze bei einer neurodivergenten Nutzergruppe kontraproduktiv sind, da sich die Benutzeroberfläche nicht der Benutzung anpassen sollte. Funktionen müssen an derselben Stelle zu finden und die bekannte Struktur zu jeder Zeit gewährleistet sein, um unter anderem Verunsicherung bei neurodivergenten Anwendern, wie z.B. Autisten, und die daraus resultierenden Konsequenzen wie Ineffizienz zu vermeiden.

Der gesamte Forschungsansatz ist in Abbildung 1 dargestellt.

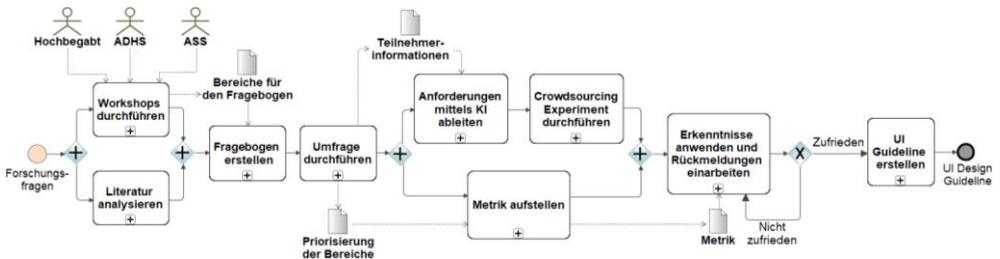


Abbildung 1. Forschungsansatz zur Analyse von Anforderungen an UIs für MBSE-Tools

3 Stand der Zwischenergebnisse zu UIs für MBSE-Tools

Es liegen bereits erste Erkenntnisse vor, um UIs von Werkzeugen für Model-Based Systems und Software Engineering nach den Bedürfnissen neurodivergenter Menschen zu bewerten. Es wurden 16 Initialworkshops mit neurodivergenten Testpersonen (ADHS, Hochbegabung, Autismus) aus verschiedenen Branchen (Informatik, Maschinenbau, Pflege, UI-Design, Jura, etc.) und unterschiedlicher Erfahrung (Student, jahrelange Berufserfahrung) durchgeführt. Hieraus wurden Kriterien für die Bewertung von UIs von (MBSE-)Tools identifiziert, wobei die Ergebnisse auf eine hohe Gewichtung von z.B. Farbe/Kontrast, Schriftgröße/Schriftart, Struktur, logischem Aufbau, Informationsgehalt und Skalierung hindeuten.

4 Exemplarische Bewertung von Modellierungswerkzeugen

Basierend auf der aktuell durchgeführten Erhebung von Anforderungen neurodivergenter Nutzer an UIs von (MBSE-)Tools wurden die folgenden Systems und Software Engineering Werkzeuge evaluiert und exemplarische Ergebnisse der Untersuchung diskutiert:

- Kommerziell verfügbare Tools
 - Cameo Systems Modeler (Version 19.0) - kurz: CS
 - Enterprise Architect (Version 14.0) - kurz: EA
 - IBM Engineering Systems Design Rhapsody (Version 9.0) - kurz: RP
 - SAP Signavio Process Manager (Version 16.6) - kurz: SG
- Frei verfügbare Tools (kostenlos für die meisten Anwendungsfälle)
 - Eclipse Capella (Version 6.0) - kurz: CP
 - Eclipse Papyrus (Version 6.3) - kurz: PP
 - Gaphor (Version 2.1) - kurz: GP
 - Archi (Version 4.9) - kurz: AR

Die Auswahl und Evaluierung der Tools erfolgte durch die Hauptautorin basierend auf den Ergebnissen der Workshops sowie ihrer eigenen täglichen (Berufs-)Erfahrung als Betroffene im Umgang mit diesen Modellierungswerkzeugen. Für alle oben dargestellten Werkzeuge wird die Standardkonfiguration der Benutzeroberflächen genutzt und nach den in Tabelle 1 dargestellten Kriterien bewertet, die während der Workshops ermittelt wurden.

Tabelle 1. Bewertung der UIs nach den Bedürfnissen neurodivergenter Nutzergruppen

Tool Kriterium	CS	EA	RP	SG	CP	PP	GP	AR
UI-Struktur	***	*	*	***	*	***	**	**
Übersichtlichkeit	***	****	**	*****	*	****	****	****
Logischer Aufbau	****	*	*	****	*	**	*	*
Skalierung	***	*	**	****	*	***	*	**
Informationsgehalt	*	***	*	***	**	****	****	*
Farbschema	****	***	****	***	**	****	****	****
Kontrakt	***	*	*	****	*	***	*	*
Schrift/Schriftgröße	**	**	**	***	***	**	*	****
Eindeutigkeit	****	*	*	****	*	***	***	***

Die Sterne stehen für „unzufrieden = 1 Stern“, „eher unzufrieden = 2 Sterne“, „neutral = 3 Sterne“, „eher zufrieden = 4 Sterne“ und „zufrieden = 5 Sterne“. Es sei angemerkt, dass die Ergebnisse in Tabelle 1 als qualitative Zusammenfassung der Workshops und der eigenen Erfahrungen aufzufassen sind. Diese sind als Diskussionsgrundlage zum Problemverständnis hilfreich und müssen noch wissenschaftlich validiert werden. Nachfolgend werden für ein kommerzielles und für ein freies Modellierungswerkzeug die Ergebnisse verkürzt dargestellt, um Diskussionspunkte bei der UI-Evaluation für neurodivergente Nutzer aufzuzeigen.

Cameo Systems Modeler: Der Cameo Systems Modeler ist aus Sicht der neurodivergenten UI-Kriterien ein durchschnittlich bewertetes MBSE-Werkzeug. In der Standardansicht ist die Symbolleiste für die Modellierung von Diagrammen deutlich vom Arbeitsbereich getrennt – sowohl farblich als auch gestalterisch. Dies führt zu einer hohen Benutzerfreundlichkeit. Im Gegensatz dazu werden zu viele Informationen auf einmal präsentiert, was bei einem Teil der Anwender zu Stress führen kann. Der voreingestellte hohe Weißanteil (vgl. Abbildung 2) ist für neurodivergente Modellierer unbefriedigend, da er als zu hell empfunden werden kann.

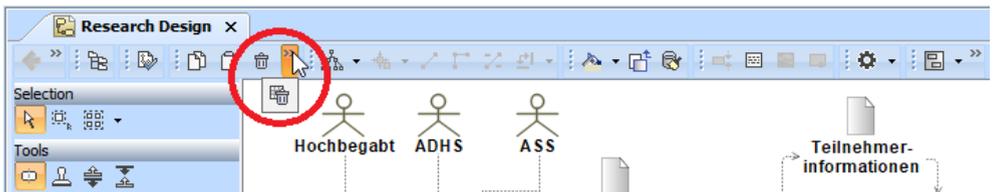


Abbildung 2. Beispiel für die Verwendung eines mehrdeutigen Symbols im Menü von Cameo

Die übrige Farbgestaltung und die Schriftart können als angemessen betrachtet werden. Die Schriftgröße ist standardmäßig zu klein und kann für Neurodivergente unbefriedigend sein. Zudem sind einige Icons – z.B. die beiden Mülleimer zum Löschen von Modellelementen – nicht klar unterscheidbar (Kreis in Abbildung 2). Einige Mouse-Over-Funktionen sind in der Wahrnehmung neurodivergenter Nutzergruppen positiv und andere negativ, z.B. ist die Mouse-Over-Funktion bei "Start Event" redundant (Kreis in Abbildung 3). Die gleiche Information ist durch den Text neben dem Modellelement wiedergegeben. Insgesamt wird die Benutzeroberfläche mit 3 von 5 Sternen für die Benutzerfreundlichkeit neurodivergenter Anwender bewertet. Die Aufschlüsselung der Bewertungen ist in Tabelle 1 dargestellt.

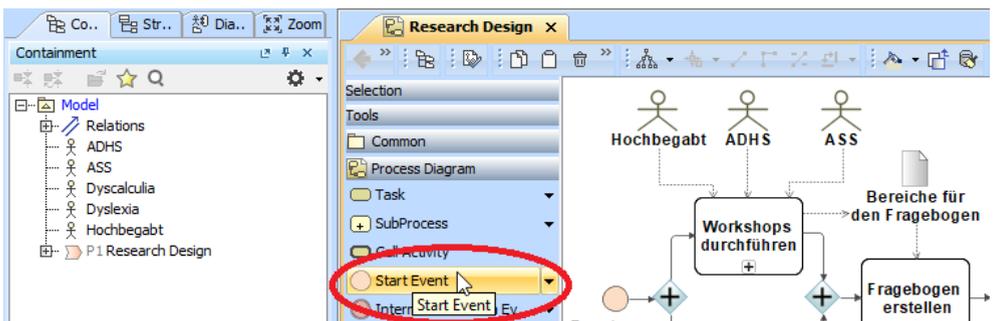


Abbildung 3. Darstellung einer redundanten Mouse-Over-Funktionalität im Cameo

Gaphor: Das freie Modellierungstool Gaphor hat einen angenehm hohen Kontrast (vgl. Abbildung 4) und die Mouse-Over-Funktionalität ist in einer unterstützenden Weise implementiert. Einige Aspekte der UI-Struktur, wie z.B. das Hinzufügen neuer Modelle, sind für neurodivergente Menschen nicht intuitiv, aber dafür ist die Menge der auf einmal präsentierten Informationen angemessen. Darüber hinaus sind die Icons für die Modellelemente eindeutig und kontrastreich. Das Verhältnis von Symbolen zu Text entspricht nicht den Erwartungen neurodivergenter Menschen und die Kombination aus feinen schwarzen Symbolen auf hellem Hintergrund kann störend wirken. Insgesamt wird das Gaphor-Modellierungstool mit 2 von 5 Sternen bewertet.

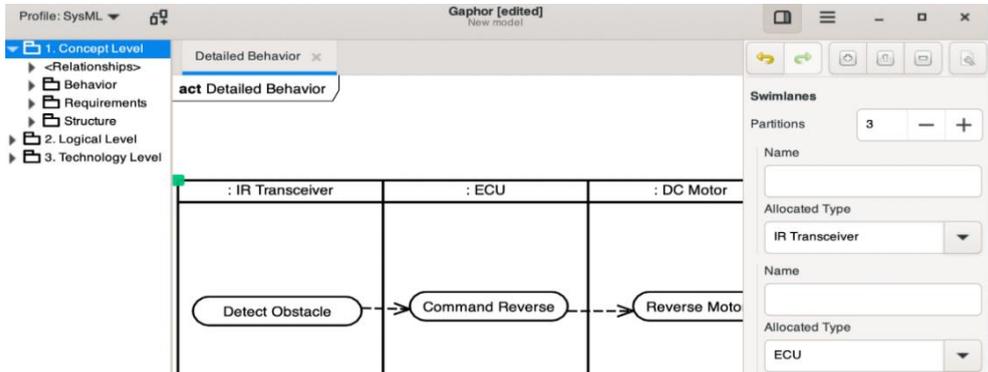


Abbildung 4. UI des Modellierungswerkzeugs Gaphor standardmäßig mit hohem Kontrast

5 Zusammenfassung und weitere Untersuchungen

In dieser Publikation wurden Forschungsarbeiten vorgestellt, die sich auf die Inklusion neurodivergenter Menschen im Umfeld des Model-Based Systems und Software Engineering konzentrieren, indem angemessene Regeln für die Gestaltung von Benutzeroberflächen ermittelt werden. Durch die Förderung der Inklusion dieser Personengruppe wird ein Beitrag zu den UN-Nachhaltigkeitszielen 10.2 und 8.5 geleistet, da somit Chancengleichheit beim Zugang zum Beruf des Systemarchitekten erreicht werden kann.

Der nächste Schritt ist die KI-gestützte Auswertung der Umfrageergebnisse zur Extraktion weiterer Anforderungen und zur Entwicklung einer Metrik für UIs für Neurodivergente. Die Umfrage dient hierbei als Grundlage für die Anpassung der gültigen UI-Richtlinien für alle Personengruppen (neurodivergenter und neurotypischer). Die Ergebnisse werden im Rahmen des Forschungsprojektes „Aufbau einer Entwicklungsplattform 4.0“ erprobt. Dabei wird die entwickelte Benutzeroberfläche für ein KI-Expertensystem anhand der Metrik evaluiert und neurodivergenten Nutzern präsentiert. Rückmeldungen werden eingearbeitet und iterativ neue Interviewrunden durchgeführt, bis ein zufriedenstellendes Ergebnis für die Oberfläche des Expertensystems erreicht ist. Abschließend wird dies im Leitfaden zur Gestaltung der Benutzeroberfläche integriert. Hiermit soll die Benutzererfahrung für alle Anwender, auch für neurodivergente Personen, bei Nutzung von MBSE-Tools optimiert werden.

Danksagung

Dieses Forschungs- und Entwicklungsprojekt wird durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) im Rahmen des Verbundprojekts „Aufbau einer Entwicklungsplattform 4.0 – EP 4.0“ gefördert (Förderkennzeichen 19I21020A) und vom Projektträger TÜV Rheinland betreut. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autorenteam. Dank gilt zudem Herrn Lars-Christian Bütow sowie Herrn Dr. Marcus Krastel von der :em engineering methods AG für die Unterstützung der Untersuchungen im Rahmen der hauptberuflichen Tätigkeit der Hauptautorin.

Literaturverzeichnis

- [1] M. Doidge, S. Kelly, „SDG 10: Reduce inequality within and among countries”, in Jean Monnet Sustainable Development Goals Network Policy Brief Series, 2013, pp. 1-8.
- [2] H. Kreinin, E. Aigner, „From “Decent work and economic growth” to “Sustainable work and economic degrowth”: a new framework for SDG 8”, in *Empirica*, 49(2), 2022, pp. 281-311, doi: 10.1007/s10663-021-09526-5.
- [3] S. Volpone, D. Avery, J. Wayne, „Shaping Organizational Climates to Develop and Leverage Workforce Neurodiversity”, in *Neurodiversity in the Workplace: Interests, Issues, and Opportunities*, Taylor & Francis, 2022, p. 49, doi: 10.4324/9781003023616-2.
- [4] P. Hutson, J. Hutson. „Neurodiversity and Inclusivity in the Workplace: Biopsychosocial Interventions for Promoting Competitive Advantage”, *Journal of Organizational Psychology*, 23(2), 2023, p. 1, doi: 10.33423/jop.v23i2.6159.
- [5] R. Austin, G. Pisano, „Neurodiversity as a competitive advantage”, *Harvard Business Review*, 95(3):96–103, 2017.
- [6] V. Brinzea, „Encouraging Neurodiversity in the evolving workforce - The next frontier to a diverse workplace”, *Scientific Bulletin-Economic Sciences/Buletin Stiintific-Seria Stiinte Economice*, 18(3), 2019, doi: 10.1017/iop.2022.86.
- [7] M. Orsini, „Autism, neurodiversity and the welfare state: The challenges of accommodating neurological difference”, *Canadian Journal of Political Science/Revue canadienne de science politique*, 45(4), 2012, pp. 805-827, doi: 10.1017/S000842391200100X.
- [8] N. Pavlov, „User Interface for people with autism spectrum disorders”, *Journal of Software Engineering and Applications*, 2014, doi: 10.4236/jsea.2014.72014.
- [9] M. Kamaruzaman, N. Rani, H. Nor et al., „Developing user interface design application for children with autism”, in *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 217, 2016, pp. 887-894, doi: 10.1016/j.sbspro.2016.02.022.
- [10] F. Davis, „User acceptance of information technology: system characteristics, user perceptions and behavioral impacts”, in *International journal of man-machine studies* 38.3, 1993, pp. 475-487, doi: 10.1006/imms.1993.1022.
- [11] A. Figueroa, J. Ramírez, „Defining an interaction model for users with autism: Towards an autistic user model”, in *International Conference on Universal Access in Human-Computer Interaction*, 2015, pp. 626-636, Springer, Cham, doi: 10.1007/978-3-319-20684-4_60.
- [12] T. Ntalindwa, M. Nduwingoma, E. Karangwa, et al., „Development of a Mobile App to Improve Numeracy Skills of Children With Autism Spectrum Disorder: Participatory Design and Usability Study”, in *JMIR pediatrics and parenting*, 4(3), 2021, doi: 10.2196/21471.
- [13] N. Doyle, „Adapting Other Internal Organizational Resources to a Neurodiverse Workforce”, in *Neurodiversity in the Workplace: Interests, Issues, and Opportunities*, Taylor & Francis, 2022, p. 274, doi: 10.4324/9781003023616-11.