

Ing. Petr Bobák z Ústavu počítačové grafiky a multimédií Fakulty informačních technologií v pondělí 09.12.2024 úspěšně obhájil svoji disertační práci.

Studijní program: Výpočetní technika a informatika
Název práce: Automatické umísťování popisu bodových dat/Automatic Point-feature Label Placement

Abstrakt/Abstract: Automatické umísťování popisu je klíčovým aspektem vizualizace dat. Popis je zásadní pro zvýšení srozumitelnosti a čitelnosti vizuálních reprezentací napříč různými oblastmi, jako jsou kartografie, lékařské zobrazování a krizový management. Popisek, v plurálu popis, v tomto kontextu odkazuje na textovou nebo symbolickou anotaci, která identifikuje nebo vysvětluje konkrétní bodový prvek v rámci vizualizace, jako je název města na mapě, hodnota měření na lékařském snímku nebo pozice defibrilátoru v situační mapě pro krizový management integrovaného záchranného systému. Tato disertace si klade za cíl prohloubit tuto oblast vývojem nových metod, které řeší inherentní výzvy spojené s umísťováním interního a externího popisu v komplexních vizualizacích. Interní popis spočívá v umístění textových nebo symbolických anotací poblíž bodových prvků uvnitř hranic vizualizace. Externí popis naopak odkazuje na umístění mimo hlavní vizualizaci, kde jsou bodové prvky propojeny s příslušným popisem pomocí čar. Náš výzkum se zaměřuje na tři klíčové oblasti: dosažení časově stabilního a vizuálně koherentního umístění popisu na okraji vizualizace, využití strojového učení ke zvýšení úplnosti popisu a optimalizaci umístění popisu s využitím percepčních poznatků. Disertace poskytuje komplexní přehled stávajících přístupů, který identifikuje významné mezery v řešení dynamických vizualizací a udržování vizuální koherence. Literární přehled také ukazuje, že kvalita umístění popisu není zcela a přesně definována a mnohé kartografické doporučení se spoléhají na zažitě postupy spíše než na empirické studie s uživateli. Na základě těchto poznatků jsme představili nové optimalizační metody umísťování popisu na okraj dynamických panoramatických vizualizací, které minimalizují pohyb popisu a snižují kognitivní zátěž uživatele. Experimentální výsledky demonstrují signifikantní zlepšení vizuální koherence popisu bez negativního vlivu na jeho čitelnost nebo jednoznačnost. V kontextu interního umísťování popisu jsme prozkoumali význam hlubokého posilovaného učení a na tomto základě jsme představili novou metodu, která výrazně zlepšuje úplnost popisu, zejména v hustých a komplexních vizualizacích. Dále jsme uspořádali percepční studii, která identifikuje uživatelsky preferované pozice popisu kolem význačných bodů, zpochybňuje konvenční doporučení a vyzdvihuje důležitost zohlednění

uživatelských preferencí při umísťování popisu. Naše následná studie zabývající se preferovanou hustotou popisu, což je téma v existující literatuře zřídka zkoumané, dále potvrzuje, že integrace percepčních poznatků do procesu umísťování popisu výrazně zlepšuje celkový uživatelský zážitek, což vede k intuitivnějším a přehlednějším vizualizacím. Ačkoli představené metody poskytují podstatná zlepšení oproti stávajícím technikám, je potřeba zmínit také jejich limity, jako je komplexní implementace optimalizační metody umísťování popisu v dynamických vizualizacích a výpočetní náročnost umísťování popisu s využitím posilovaného učení. Budoucí směry výzkumu zahrnují vývoj smíšených modelů umísťování popisů pro 3D vizualizace, optimalizaci výpočetní efektivity a další prohlubování znalostí o vnímání popisu uživatelem. Automatic label placement is a crucial aspect of data visualization, essential for enhancing the clarity and readability of visual representations across various domains such as cartography, medical imaging, and emergency response management. Label, in this context, refers to textual or symbolic annotation that identifies or explains specific point feature within a visualization, such as the name of the city on a map, measurement on a medical scan, or position of AED in a schematic map for emergency response dispatchers. The work covered in this dissertation aims to advance the field by developing novel techniques addressing the inherent challenges associated with internal and external label placement in complex visualizations. Internal label placement refers to placing labels close to the point features they describe within the boundaries of the visualization. External label placement, on the other hand, involves placing labels outside the main visualization area, connected to the relevant features by lines. Our research focuses on three key areas: achieving temporally stable and visually coherent boundary label placements, leveraging machine learning to improve the completeness of internal label placements, and optimizing label positioning by integrating perceptual insights. The dissertation begins with a comprehensive review of existing techniques, identifying significant gaps in handling dynamic environments and maintaining visual coherence. The literature review also highlights that the label placement quality is not entirely and precisely defined, as many cartographic guidelines rely on best practices rather than empirical studies. Building on these insights, we introduce novel optimization methods for boundary label placement in dynamic panoramic visualizations, minimizing label movement and reducing user cognitive load. Experimental results demonstrate the effectiveness of these approaches in maintaining label stability without compromising readability or clarity. In the context of internal label placement, we explore the relevance of deep reinforcement learning and propose a novel method that significantly improves label completeness, particularly in dense and complex scenarios. Furthermore, we introduce a perceptual study that determines user-preferred label positions, challenges conventional placement strategies, and demonstrates the importance of considering user preferences in label placement design. Our supplementary study on users' preferred label

Informace o obhajobě doktorské disertační práce

density, a topic scarcely explored in existing literature, further confirms that integrating perceptual insights into the label placement process significantly enhances the overall user experience, leading to more intuitive and compelling visualizations. While the proposed methods offer substantial improvements over existing techniques, we acknowledge several limitations, including the complexity of implementing the boundary label optimization in real-time scenarios and the computational demands of the reinforcement learning approach. Future research directions include the development of mixed label placement models for 3D visualizations, optimization of computational efficiency, and further exploration of user perception to refine label placement techniques.

Školitel: doc. Ing. Martin Čadík, Ph.D., FIT VUT, Česká republika

Oponenti: Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn.Eduard Gröller, Technische Universität Wien, Rakouská republika

Prof. Ivan Viola, King Abdullah University of Science and Technology, Království Saúdské Arábie