

Abstract

This thesis presents a new software development method that addresses the need to quickly develop ICT solutions for older adults, e.g. mobile applications. The proposed method focuses on practical aspects of comprehensive development of software that is better tailored to the needs of this target group. Therefore, it incorporates some fundamentals of the human-computer interaction domain, including user-centered and participatory design approaches and other ideas relevant to software engineering such as the Living Lab concept from MIT. This method is based on analysis and insights from empirical studies conducted in lightweight Living Lab conditions. These studies focus on various stages of collaborative software development with older adults' participation and they contribute in-depth knowledge on barriers and challenges connected to older adults' involvement in software development. In their course it became apparent that existing software development methods do not address these issues adequately.

Consequently, the goal of this thesis was to design a method for supporting fast software development process with older adults' participation. This need is driven by the current situation in the silver economy market that often relies on startup software companies which use agile or rapid software development methods. This necessity to act quickly, however, makes it difficult to adequately involve older adults in software development. The main part of the Ph.D. thesis comprises of three scientific publications presenting a new comprehensive approach to software development with older adults' participation which addresses these challenges.

The first publication outlines the SPIRAL software development method that emphasizes older adults' involvement in the software development process (Support for Participant Involvement in Rapid and Agile software development Labs). It consists of four stages divided into two parts. The approach is based on three vital concepts derived from the human-computer interaction domain and related to user-centered approach. All of these concepts are relevant in software engineering domain in the context of fast and comprehensive software development with users, namely (1) participatory design, (2) potential engagement of end users and (3) their empowerment.

This approach was presented and discussed at the 11th Workshop on Cooperative and Human Aspects of Software Engineering (CHASE 2018) during the 40th IEEE/ACM International Conference on Software Engineering (ICSE 2018), in Gøteborg, Sweden. This paper reveals three key advantages of the proposed method. First, the method can be deployed without extensive preparation, typical for tra-

ditional user-centered design methods. This lowers time and costs of the software development process, which is especially important for young and lean tech startups. Second, the method not only fosters the development process at the first stage of idea development, but it can easily be adapted into a sustainable long-term practice of community-supported software development. This is possible because of the third advantage of the method that underpins the former two: lowering barriers to direct cooperation on both sides of the process (developers and users) based on the underlying social psychology concepts related to team dynamics, in particular contact theory.

The second paper concentrates on the first part of the process, that is initial user engagement and lowering communication and engagement barriers. This happens on both sides of the mobile application development and usage process, i.e. via joint use of new mobile technology, such as tablets and mobile software, by older and younger adults in the context of everyday tasks. This concept was presented and discussed during serious games development GoWell session on eHealth 360 conference in Budapest and published in Springer's LNICST series, indexed by the Web of Knowledge. The paper elaborates on lowering ICT barriers among older adults in typical LivingLab conditions, i.e. natural seamless hands-on experience with mobile technology with direct assistance from young developers. The described case of cooperative location-based game, focused on everyday mobile tasks, depicts one of the most crucial aspects of ICT collaboration - overcoming stereotypes of intergenerational ICT-related team dynamics based on contact theory fundamentals. It also presents a quantitative tool that facilitates the measurement of the direct collaboration effects between young IT professionals and potential users from older adult group.

The third paper elaborates on the second part of the SPIRAL process, where both sides of the interactive software development cycle, i.e. users and software developers benefit from direct cooperation. This simulated lean startup environment produces unique insights for the mobile application development. With the use of the hackathon setup as a research approach this paper elaborates on relevant research methods and tools. It also analyses the benefits and limitations of such direct cooperative approach to software development. Finally, it offers a set of best practices for organizing intergenerational interaction which facilitates software development. The article was published in Springer's *Empirical Software Engineering*. This journal is on the current "A" list of Polish Ministry of Science (45 points). This paper was also presented and discussed as an invited speech at ICSE 2018 as part of the main technical track within the journal-first session.

The thesis substantially contributes to the software engineering domain. The proposed software development method is based on human-centered approach, which is also crucial for human-computer interaction domain, including prototyping, user-centered design and participatory design. Moreover, due to exploration of cooperative and collaborative aspects of co-design the thesis also contributes to social science, including such domains as team dynamics, organizational psychology and sociology.

ACM Computing Classification:

Software Engineering (D.2) and Human-Computer Interaction (H.5), including requirements and specification tools and methods (D.2.1), design methods (D.2.10) and rapid prototyping (D.2.m), based on user-centered approach (H.5.2)

CoRR Computing Research Repository:

CS.SE (Computer Science, Software Engineering) and CS.HC (Human-Computer Interaction)

Streszczenie

Niniejsza rozprawa doktorska przedstawia nową metodę tworzenia oprogramowania. Metoda ta odpowiada na realną potrzebę szybkiego opracowywania rozwiązań ICT dla osób starszych, takich jak aplikacje mobilne i dotyczy praktycznych aspektów procesu tworzenia oprogramowania odpowiadającego potrzebom osób starszych. Powstała w oparciu o kluczowe koncepcje z obszaru interakcji człowiek-komputer, takie jak projektowanie partycypacyjne oraz zorientowane na użytkownika (*participatory desing and user-centered design*), jak również z wykorzystaniem koncepcji *Living Lab* wywodzącej się z MIT. Omawiana metoda została opracowana na podstawie wyników badań empirycznych w warunkach Living Labu. Badania te umożliwiły poznanie barier i wyzwań związanych z włączaniem osób starszych w proces wytwarzania oprogramowania. W miarę postępów prac badawczych coraz wyraźniej ujawniały się również ograniczenia istniejących metod.

Zaproponowana metoda ma za zadanie wsparcie procesu szybkiego wytwarzania oprogramowania z bezpośrednim udziałem osób starszych jako użytkowników końcowych, w oparciu o metody zwinne (*rapid and agile*). Potrzeba wypracowania takiej metody znajduje silne uzasadnienie w postaci potrzeb i wyzwań srebrnej gospodarki (*silver economy*) w zakresie inżynierii oprogramowania. Rynek rozwiązań ICT dla silver economy stanowi obecnie istotny obiekt zainteresowania startupów technologicznych. Stosują one w swojej codziennej praktyce metody szybkiego prototypowania oraz zwinnej produkcji oprogramowania, niemniej towarzyszą im również trudności w zakresie bezpośredniego włączania do współpracy osób starszych, jako przedstawicieli grupy docelowej. Główna część dysertacji składa się z trzech publikacji naukowych przedstawiających nowe, kompleksowe podejście do problematyki tworzenia oprogramowania z udziałem osób starszych, uwzględniające wspomniane wyzwania.

Pierwsza publikacja przedstawia zasadniczy opis metody tworzenia oprogramowania pod nazwą SPIRAL (*Support for Participant Involvement in Rapid and Agile software development Labs*). Metoda ta uwypukla rolę seniorów, jako użytkowników końcowych włączanych w proces projektowania i produkcji oprogramowania. Zaproponowana metoda składa się z czterech etapów podzielonych na dwie części i bazuje na trzech podstawowych koncepcjach wywodzących się z obszaru interakcji człowiek-komputer, związanych z podejściem zorientowanym na użytkownika: (1) projektowaniu partycypacyjnym, (2) wzmocnieniu zaangażowania użytkowników w proces (*end user engagement*) oraz (3) podniesieniu ich kompetencji (*end user empowerment*). Wszystkie te koncepty są kluczowe dla obszaru inży-

inierii oprogramowania w kontekście metod zwinnych połączonych z bezpośrednim udziałem użytkowników końcowych. Metoda SPIRAL została zaprezentowana i przedyskutowana w trakcie 11 Warsztatu CHASE (*Cooperative and Human Aspects of Software Engineering*) odbywającego się w ramach 40 konferencji ICSE w 2018 roku w Geteborgu (*40th IEEE/ACM International Conference on Software Engineering*), największej i najstarszej międzynarodowej konferencji dotyczącej inżynierii oprogramowania. Publikacja przedstawia trzy kluczowe zalety zaproponowanej metody. Po pierwsze może być ona zastosowana bez konieczności szeroko zakrojonych przygotowań, które są nieodzowne w tradycyjnym podejściu do *user-centered design*. Pozwala tym samym na zmniejszenie kosztów i niezbędnych zasobów. Są to czynniki szczególnie istotne dla młodych zespołów i startupów technologicznych (tzw. *lean tech startups*). Kolejną zaletą zaproponowanej metody jest możliwość jej użycia nie tylko na pierwszym etapie procesu tworzenia oprogramowania, czyli wypracowywaniu samej koncepcji (*idea development*), ale również jako długoterminowej praktyki przy tworzeniu oprogramowania wspieranego przez społeczność użytkowników. Jest to możliwe dzięki obniżeniu barier współuczestnictwa wobec bezpośredniej współpracy obydwu stron uczestniczących w procesie (developerów i użytkowników). Jest to trzecia z najistotniejszych zalet metody, która działa dzięki wykorzystaniu koncepcji i narzędzi z zakresu psychologii społecznej odnoszących się m.in. do dynamiki zespołów, takich jak teoria kontaktu.

Druga publikacja dotyczy pierwszej fazy procesu, czyli wstępnego zaangażowania użytkowników z grupy docelowej poprzez obniżenie barier komunikacyjnych oraz wzmocnienie ich wkładu w tworzenie rozwiązań IT. Dotyczy to obydwu stron procesu, czyli w tym przypadku zarówno deweloperów, jako potencjalnych twórców aplikacji mobilnych dla osób starszych oraz samych seniorów jako potencjalnych odbiorców z grupy docelowej. Proces został przedstawiony jako case study interakcji międzypokoleniowej z wykorzystaniem narzędzia ICT w postaci kooperacyjnej gry miejskiej z użyciem technologii mobilnych, w trakcie której użytkownicy z grupy docelowej wykonują typowe czynności i zadania związane z użytkowaniem aplikacji i urządzeń mobilnych. Koncepcja narzędzia i rezultaty badania zostały zaprezentowane i przedyskutowane w ramach sesji *GoWell* dotyczącej *serious games* w trakcie konferencji eHealth 360 w Budapeszcie i opublikowane w serii LNICST Springer, indeksowanej przez *Web of Knowledge*. Artykuł opisuje podejście i narzędzia przydatne do obniżania barier w stosunku do nowych technologii pośród niezaawansowanych użytkowników w typowych warunkach LivingLabu, czyli w kontekście bezpośredniego obcowania z rozwiązaniami technicznymi (*hands-on experience*) ze wsparciem ze strony młodych developerów i programistów. Formuła kooperacyjnej gry miejskiej skupionej wokół aktywnego poznawania nowych technologii w kontekście codziennego użytkowania urządzeń

i aplikacji mobilnych uwypukliła kluczowy element współpracy w obszarze ICT, mianowicie przełamanie międzygrupowych (międzypokoleniowych) stereotypów w oparciu o teorię kontaktu. Publikacja prezentuje także narzędzie do ilościowego pomiaru efektów bezpośredniej współpracy międzypokoleniowej pomiędzy młodymi profesjonalistami z branży IT a potencjalnymi użytkownikami z grupy docelowej osób starszych.

Z kolei trzecia praca omawia drugą część procesu opisanego w metodzie SPIRAL, czyli sytuację w której obie strony interaktywnego tworzenia oprogramowania (developerzy i użytkownicy) mogą czerpać korzyści z bezpośredniej współpracy. Zasymulowane w ramach badań środowisko zespołów startupowych (*lean startup*) umożliwiło uzyskanie unikatowego wglądu w dynamiczny proces tworzenia mobilnych aplikacji z udziałem seniorów, jako użytkowników końcowych. Publikacja przedstawia narzędzia i metody na zastosowane z wykorzystaniem formuły *hackathonu* jako podejścia badawczego. W publikacji analizowane są dogłębnie korzyści i ograniczenia tego typu bezpośredniej interakcji w obszarze inżynierii oprogramowania wraz z zaproponowaniem wypracowanego zestawu dobrych praktyk na potrzeby organizacji międzypokoleniowych aktywności, które mogą sprzyjać lepszemu rozwojowi procesu produkcji oprogramowania. Artykuł został opublikowany w *Empirical Software Engineering*, czasopiśmie wydawnictwa Springer, które uzyskało 45 punktów w ramach aktualnej listy A czasopism punktowanych MNiSW. Rezultaty badań zostały również zaprezentowane i omówione w formule *invited speech* w ramach 40 konferencji ICSE w Geteborgu w 2018 roku, w sesji *journal-first* głównej ścieżki technicznej konferencji.

Niniejsza rozprawa doktorska stanowi kontrybucję w dziedzinie inżynierii oprogramowania. Zaproponowana metoda tworzenia oprogramowania jest osadzona na fundamencie podejścia zorientowanego na użytkownika, które jest jednocześnie istotnym elementem dziedziny interakcji człowiek-komputer w kontekście szybkiego prototypowania oraz projektowania partycypacyjnego. Ponadto, dzięki wykorzystaniu kooperacyjnych aspektów współprojektowania niniejsza praca wnosi również kontrybucję do nauk społecznych, z uwzględnieniem obszarów dynamiki zespołów, psychologii organizacji czy socjologii.