

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera

MOBILNÍ APLIKACE PRO PROVOZNÍ ŘÍZENÍ ŽELEZNIČNÍ DOPRAVY

Ing. Pavla Šmídová

Disertační práce

2025

Doktorand

Ing. Pavla Šmídová

Studijní program

P3710 Technika a technologie v dopravě a spojích

Studijní obor

3708V024 Technologie a management v dopravě a telekomunikacích

Školitel

doc. Ing. Karel Greiner, Ph.D.

Školitel specialista

Ing. Stanislav Machalík, Ph.D.

Školící pracoviště

Katedra informatiky a matematiky v dopravě

Prohlašuji:

Prohlašuji: Tuto práci jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury. Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše. Beru na vědomí, že v souladu s § 47 b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 9/2012 Pravidla pro zveřejňování závěrečných prací a jejich základní jednotnou formální úpravu, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 12.3.2025

Ing. Pavla Šmídová

Poděkování

Na prvním místě patří mé poděkování rodině, zejména dětem, za jejich trpělivost a podporu během mého studia. Společně jsme si potvrdili, že vzdělávání není jen záležitostí mládeže, ale celoživotní cestou.

Dále děkuji svému školiteli doc. Karlu Greinerovi, Ph.D., a školiteli specialistovi Ing. Stanislavu Machalíkovi, Ph.D., za odborné vedení disertační práce.

Rovněž děkuji svému zaměstnavateli, společnosti ČD-IS, a.s., zejména Ing. Tomáši Dvořákovi a ostatním kolegům, kteří mi umožnili konzultace, dotazování a pozorování v reálném prostředí. Jejich kvalifikované názory a zpětná vazba sehrály zásadní roli při ověřování navržené metodiky.

Pavla Šmídová

Anotace

Tato disertační práce se zaměřuje na návrh metodiky pro vývoj mobilních aplikací určených pro provozní řízení železniční dopravy. Pomocí systematické literární rešerše, empirických a logických metod je analyzován současný stav vývoje mobilních aplikací a dostupných technologií v této oblasti. Na základě získaných poznatků je metodou systémové analýzy a vícekritériálního rozhodování navržena optimalizace procesu vývoje mobilní aplikace v jednotlivých krocích. Práce představuje pět variant priorit projektů a jejich možné kombinace, přičemž je analyzován dopad navržených optimalizačních opatření u každé varianty. K ověření navržené metodiky je vypracován návrh mobilní aplikace v souladu s jejími principy a postupy a úspěšnost a efektivita návrhu je analyzována a diskutována.

Klíčová slova

vývoj mobilních aplikací, dopravní mobilní aplikace, železniční dopravce, metodika navrhování mobilních aplikací

Title

Mobile applications for operational control of railway transport

Annotation

This dissertation focuses on the design of a methodology for the development of mobile applications intended for operational control of railway transport. Using a systematic literature review, empirical and logical methods, the current state of mobile application development and available technologies in this area is analysed. On the basis of the obtained knowledge, the optimization of the mobile application development process is proposed using the method of system analysis and multi-criteria decision making, which takes into account the current priorities of the project. The paper presents five variants of project priorities and their possible combinations, and the impact of the proposed optimization measures for each variant is analyzed. To validate the proposed methodology, a mobile application design is developed in accordance with its principles and procedures, and the success and effectiveness of the design is analyzed and discussed.

Keywords

mobile application development, transport mobile applications, railway carriers, mobile application design methodology

Obsah

Seznam obrázků	9
Seznam tabulek.....	10
Seznam symbolů a zkratek.....	11
1 Úvod	12
2 Analýza současného stavu mobilních aplikací v dopravě	14
2.1 Interní aplikace dopravců pro podporu provozního řízení dopravy	14
2.2 Aplikace konkrétního dopravce pro cestující veřejnost.....	16
2.3 Aplikace pro cestující veřejnost v konkrétním IDS/oblasti	16
2.4 Aplikace pro cestující veřejnost nezávisle na dopravci/IDS.....	17
2.5 Aplikace pro cestující veřejnost od provozovatele infrastruktury	17
2.6 Interní aplikace provozovatele infrastruktury.....	17
2.7 Shrnutí analýzy současného stavu mobilních aplikací v dopravě	17
3 Stav vědeckého poznání.....	21
3.1 Klíčové parametry pro vývoj mobilních aplikací.....	21
3.2 Aktuální stav technologií pro vývoj mobilních aplikací.....	22
3.2.1 Zabezpečení	22
3.2.2 Uživatelské rozhraní	27
3.2.3 Distribuce aplikací.....	29
3.2.4 Mobilní operační systémy	31
3.2.5 Mobilní sítě.....	34
3.2.6 Typy mobilních zařízení	36
3.2.7 Standardy EU v řešené oblasti	36
3.2.8 GNSS.....	39
3.2.9 Shrnutí současného stavu technologií	40
3.3 Aktuální stav agilního vývoje.....	41
3.4 Efektivní využívání lidských zdrojů.....	42
3.5 Současný stav procesu vývoje v referenční společnosti.....	43
3.5.1 Identifikace systému	44
3.5.2 Specifické potřeby aplikací a projektů v řešené oblasti	55
3.5.3 Mobilní zařízení, na nichž jsou aplikace používány	56
3.6 Právní a technické požadavky	57
3.7 Shrnutí současného stavu vědeckého poznání.....	60
4 Cíl disertační práce	62
5 Přehled použitých metod zpracování	63
6 Návrh řešení.....	67

6.1	Stanovení specifických požadavků mobilních aplikací pro provozní řízení železniční dopravy	67
6.2	Optimalizace sběru požadavků na aplikaci	69
6.3	Identifikace slabých míst v projektu	70
6.4	Návrh optimalizačních opatření v procesu vývoje.....	72
6.4.1	Zavedení agilního vývoje	72
6.4.2	Použití bezplatných/open-source technologií	73
6.4.3	Minimalistické uživatelské rozhraní.....	73
6.4.4	Redukce funkcí aplikace na klíčové prvky.....	74
6.4.5	Redukce velikosti vývojového týmu	74
6.4.6	Využití subdodavatele	75
6.4.7	Použití komerčních výkonných technologií.....	75
6.4.8	Minimalizace dokumentace.....	76
6.4.9	Automatizace testování.....	76
6.4.10	Opakované použití vlastních řešení.....	77
6.4.11	Standardizace procesů, používání „best practices“	77
6.5	Varianty systému podle priorit projektu	87
6.5.1	Varianta 1 – Nejnižší cena za výsledný produkt	87
6.5.2	Varianta 2 – Nejrychlejší vývoj aplikace	93
6.5.3	Varianta 3 – Nejlepší aplikace.....	102
6.5.4	Varianta 4 – Nejvyšší zabezpečení aplikace.....	104
6.5.5	Varianta 5 – Flexibilita a škálovatelnost	106
6.5.6	Kombinace variant	112
6.5.7	Kombinace V1 a V2A2.....	112
6.5.8	Kombinace V1 a V3/V4	115
6.5.9	Kombinace V2A1 a V3/V4.....	116
6.5.10	Kombinace V1 a V2 a V3/V4	118
6.6	Doporučení mobilního zařízení pro provozování aplikace	119
6.7	Shrnutí návrhu řešení	120
7	Ověření metodiky pro návrh mobilní aplikace.....	122
7.1	Stanovení varianty systému	123
7.2	Úvodní opatření.....	123
7.3	Subsystém Sběr, analýza a specifikace požadavků	124
7.4	Subsystém Návrh aplikace	129
7.5	Subsystém Vývoj aplikace	132
7.6	Subsystém Testování.....	132
7.7	Subsystém Nasazení	133
7.8	Shrnutí návrhu mobilní aplikace	133
8	Vlastní přínosy doktoranda	135
9	Závěr.....	136

Literatura	137
Vlastní publikace	146
Seznam příloh	147
Přílohy	148
Příloha A – Analyzované dopravní aplikace.....	148
Příloha B – Složení vývojového týmu a odpovědnosti.....	160
Příloha C – Návrh polostrukturovaného rozhovoru pro zjištění požadavků.....	161
Příloha D – Návrh struktury zadání pro programátora	163
Příloha E – Šablona testovacího scénáře.....	164
Příloha F – Návrh struktury dokumentace.....	165
Příloha G – Návrh aplikace – polostrukturovaný rozhovor.....	167
Příloha H – Návrh aplikace – Testovací scénář.....	171
Příloha I – Návrh aplikace – Dokumentace	172
Příloha J – Návrh aplikace – Doporučení mobilního zařízení.....	175
Příloha K – Návrh aplikace – zadání pro programátora.....	176
Příloha L – Návrh UI formuláře.....	179
Příloha M – Use Case diagram.....	180
Příloha N – Sekvenční diagram	181
Příloha O – Komponentový diagram.....	182
Příloha P – Ověření metodiky	183

Seznam obrázků

Obr. 1 Podíl mobilních operačních systémů na trhu EU.....	33
Obr. 2 Schéma rozhraní Common Interface	38
Obr. 3 Subsystem Sběr, analýza a specifikace požadavků	49
Obr. 4 Subsystem Návrh aplikace	50
Obr. 5 Subsystem Vývoj aplikace	51
Obr. 6 Subsystem Testování.....	51
Obr. 7 Subsystem Nasazení	52
Obr. 8 V1 – Sběr, analýza a specifikace požadavků	88
Obr. 9 V1 – Návrh aplikace	89
Obr. 10 V1 – Vývoj aplikace.....	90
Obr. 11 V1 – Testování	91
Obr. 12 V1 – Nasazení.....	92
Obr. 13 V2-1 – Sběr, analýza a specifikace požadavků	96
Obr. 14 V2-1 – Návrh aplikace.....	97
Obr. 15 V2-1 – Vývoj aplikace.....	98
Obr. 16 V2-1 – Testování	99
Obr. 17 V2-1 – Nasazení.....	100
Obr. 18 V5 – Sběr, analýza a specifikace požadavků.....	107
Obr. 19 V5 – Návrh aplikace.....	108
Obr. 20 V5 – Vývoj aplikace.....	109
Obr. 21 V5 – Testování	110
Obr. 22 V5 – Nasazení.....	111

Seznam tabulek

Tab. 1 Skupiny dopravních mobilních aplikací.....	19
Tab. 2 Bezpečnostní nástroje pro mobilní aplikace.....	27
Tab. 3 Nástroje pro návrh UI.....	29
Tab. 4 Metody distribuce mobilních aplikací.....	30
Tab. 5 Distribuční platformy mobilních aplikací.....	31
Tab. 6 OS – procentuální podíly na trhu – únor 2023.....	32
Tab. 7 Porovnání iOS a Android.....	33
Tab. 8 MPRIS – parametry používaných zařízení.....	56
Tab. 9 ETD – parametry používaných zařízení.....	57
Tab. 10 Specifické požadavky mobilních aplikací v řešené oblasti.....	68
Tab. 11 Metody analýzy rizik.....	71
Tab. 12 Varianta 1 – bodové ohodnocení kritérií.....	81
Tab. 13 Varianta 1 – váhy kritérií.....	81
Tab. 14 Ohodnocení optimalizačních opatření pro kritéria.....	82
Tab. 15 Ideální a bazální varianta.....	82
Tab. 16 Normalizovaná kritériální matice pro Variantu 1.....	83
Tab. 17 Funkce užítku pro Variantu 1.....	84
Tab. 18 Bodové ohodnocení kritérií všech Variant systému.....	85
Tab. 19 Váhy kritérií pro všechny Varianty systému.....	85
Tab. 20 Funkce užítku pro optimalizační opatření v jednotlivých variantách.....	86
Tab. 21 Funkce užítku – kombinace variant.....	113
Tab. 22 Funkce užítku – kombinace variant.....	115
Tab. 23 Funkce užítku – kombinace variant.....	116
Tab. 24 Funkce užítku – kombinace variant.....	118
Tab. 25 Návrh aplikace – rizika.....	126
Tab. 26 Návrh aplikace – matice rizik.....	127

Seznam symbolů a zkratek

AI	Artificial Intelligence
API	Application Programming Interfaces
CI	Common interface
CSV	Comma-Separated Values
ČD	České dráhy
ČD-IS	ČD – Informační Systémy, a.s.
ERA	European Union Agency for Railway (Evropská agentura pro železnice)
ERTMS	European Rail Traffic Management System
ESB	Enterprise Serial Bus
ETCS	European Train Control System
EU	European Union (Evropská unie)
FRMCS	Future Railway Mobile Communication System
GDPR	General Data Protection Regulation
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPS	Global Positioning System
GSM-R	Global System for Mobile Communication-Railway
HTTP/HTTPS	HyperText Transfer Protocol/ HyperText Transfer Protocol Secure
IDS	Integrovaný dopravní systém
IP	Internet Protocol
IS	informační systém
JSON	JavaScript Object Notation
LDAP	Lightweight Directory Access Protocol
MCMD	Multi-criteria decision making
MDM	Mobile device management
OAuth	Open Authorization
OS	operační systém
OWASP	Open Web Application Security Project
SSM	Soft systems methodology
SŽ	Správa železnic, státní organizace
TSI	Technical Specifications for Interoperability
UAT	User acceptance testing (uživatelské akceptační testování)
UI	User Interface (uživatelské rozhraní)
UML	Unified Modeling Language
UX	User Experience (uživatelská zkušenost)
Wi-Fi	Wireless Fidelity
XML	Extensible Markup Language
WSA	Weighted Sum Approach (Metoda váženého součtu)

1 Úvod

Stejně jako takřka ve všech oblastech lidské činnosti se mobilní aplikace staly standardním a užitečným nástrojem i v oblasti dopravy. Protože doprava je obor velmi široký, je k dispozici i velké množství mobilních aplikací s různým zaměřením a cílovou skupinou uživatelů. Pro implementaci stejné či obdobné funkčnosti existuje více přístupů a řešení, a to dokonce i v rámci jedné firmy. Důvody jsou různé – rozdílné vývojářské skupiny preferující jim už známá řešení, nedostatek času pro pečlivý výběr nejhodnější technologie atd. Z pohledu uživatele je často používáno několik mobilních aplikací, které spojuje nějaká vlastnost (např. uživatel je zákazník jednoho dopravce, zaměstnanec dopravce v rámci své pracovní pozice, cestující v jedné územní oblasti apod.). Aplikace mají z hlediska uživatele různý vzhled, ovládání a funkce, vývojáři používají různé technologie a pracovní postupy.

Autorka, jako systémový analytik ve společnosti vyvíjející mobilní aplikace pro české dopravce, má přímý vzhled na současný stav vývoje mobilních aplikací. Díky roli spojovacího článku mezi uživateli a vývojáři pracuje jak s potřebami zákazníků, tak vývojového týmu, v průběhu celého životního cyklu aplikace.

Tato disertační práce se zabývá možností zavedení sjednoceného postupu pro vývoj mobilních aplikací. To by vedlo ke zrychlení a zkvalitnění vývoje, snížení nákladů a vyšší efektivitě práce uživatele.

Mobilní aplikace pro dopravu jsou vyvíjeny různými firmami na míru konkrétním zákazníkům, což vede k rozmanitosti jejich zpracování. I když nelze očekávat sjednocení všech přístupů, zkoumání této problematiky z pohledu různých přístupů pomáhá identifikovat potřeby uživatelů, sbírat příklady z různých zdrojů a jejich výhod a vytvářet doporučení pro klíčové oblasti, kde by standardizace mohla přinést největší užitek. Tento přístup může usnadnit budoucí vývoj a zvýšit efektivitu i uživatelský komfort. Tato disertační práce se zaměřuje výhradně na nativní mobilní aplikace, nikoliv na responzivní webové aplikace, progresivní webové aplikace nebo jiné alternativy. Důvodem je skutečnost, že nativní aplikace umožňují plné využití hardwarových a softwarových možností mobilních zařízení, což je v řešené oblasti železniční dopravy zásadní.

Prvním krokem disertační práce je shrnutí aktuální situace v několika klíčových oblastech, které zásadně ovlivňují proces vývoje mobilních aplikací v řešené oblasti, pomocí metod systematické literární rešerše, pozorování a dotazování. Tento přehled zahrnuje aktuálně používané mobilní aplikace se zaměřením na železniční dopravu, stav vědeckého poznání v oblasti technologií pro vývoj mobilních aplikací, možnosti přístupů k procesu vývoje a analýzu aktuálních postupů při vývoji mobilních aplikací ve firmě, kde bude probíhat i ověření metodiky na reálném projektu. Ze současného stavu vývoje aplikací je vytvořen pomocí metody systémové analýzy systémový model, který je dále použit pro návrh řešení. Jsou identifikovány hlavní potřeby a priority projektů vývoje mobilních aplikací v řešené oblasti. Z těchto možných priorit je definováno pět možností zaměření projektu.

Na základě provedené analýzy je zpřesněn cíl disertační práce, a to na **skupinu aplikací pro interní potřeby dopravců, které slouží jako mobilní podpora pro IS pro provozní řízení železniční dopravy** (pro zkrácení názvosloví budou tyto aplikace v disertační práci zjednodušeně označovány jako mobilní aplikace pro provozní řízení železniční dopravy). Následně jsou definovány dílčí cíle, které k jeho dosažení vedou, uvedeny vědecké metody zvolené pro splnění těchto cílů a popsán způsob jejich aplikace.

Ve vlastním návrhu řešení jsou na základě výsledků předchozího provedeného výzkumu pomocí logických metod navržena optimalizační opatření ke zvýšení efektivity procesu vývoje. Metodou vícekritériálního rozhodování je určena vhodnost těchto opatření pro jednotlivé prioritní varianty systému procesu vývoje. Na základě výsledků jsou opatření implementována do příslušných variant a následně podrobena analýze, která hodnotí jejich dopad na efektivitu vývoje a dosažení stanovených priorit. Je také provedena analýza možnosti kombinace těchto variant s cílem nejen zvýšit efektivitu procesu vývoje, ale také dosáhnout dodatečné přidané hodnoty, která by rozšířila benefity projektu nad rámec původních priorit.

Pro ověření navržené metodiky je proveden návrh mobilní aplikace v souladu s jejími principy. Realizovány jsou všechny kroky metodiky. Nejprve je identifikován model systému a optimalizační opatření, která jsou následně implementována ve všech subsystémech. Je proveden optimalizovaný sběr požadavků od zákazníka, jejich analýza, definice požadavků na aplikaci a identifikace slabých míst pomocí matice rizik. Následuje technický návrh aplikace s využitím robustních technologií a odbornosti příslušných subdodavatelů. Technický návrh zahrnuje i optimalizované uživatelské rozhraní a specifické zabezpečení aplikace a přenášených dat. Pro vybranou funkcionalitu aplikace je vytvořena ukázková část optimalizovaného zadání pro programátora. Je navržen proces testování s využitím automatizovaných technologií a vytvořena vylepšená podoba testovacích scénářů s efektivním propojením na testovací a komunikační technologie. Součástí návrhu je také optimalizovaná struktura dokumentace, která zahrnuje klíčové části aplikace a popis komunikace s ostatními systémy. Je popsán návrh procesu nasazení aplikace včetně integrace do stávajících systémů. Díky volbě reálné aplikace je možné efektivně porovnat proces bez metodiky a s jejím použitím, což umožní objektivně posoudit její přínos a efektivitu.

V závěru jsou zhodnoceny přínosy práce jak pro vědeckou komunitu, tak pro praktické využití.

2 Analýza současného stavu mobilních aplikací v dopravě

Tato kapitola se zabývá analýzou současného stavu mobilních aplikací v dopravě v ČR a pro porovnání a získání širšího kontextu je uvedeno i několik příkladů aplikací, které jsou používány v blízkých státech, které vykazují podobnosti v oblasti dopravy a potřeb uživatelů – na Slovensku, v Maďarsku a Polsku. Zaměřuje se primárně na železniční dopravu, v některých skupinách jsou informativně uvedeny i aplikace obsahující i možnost volby jiného druhu dopravy. Na základě provedené analýzy byly identifikovány základní skupiny dopravních aplikací dle jejich zaměření a skupin uživatelů. U těchto skupin jsou v závěru kapitoly definovány jejich typické znaky a potřeby.

Rešerši dopravních aplikací na mobilních zařízeních v ČR a některých sousedních státech provedla autorka Šmídová et al. (2023) v článku A Background to a Methodology for Transport Mobile Applications Designing with a Focus on EU Interoperability. Tato rešerše byla pro účely disertační práce doplněna a zpřesněna. Při popisu aplikací se soustředila na klíčové parametry, které jsou podrobně popsány v kap. 3.1.

Výčet a popis všech aplikací je z důvodu přehlednosti uveden v příloze A.

2.1 Interní aplikace dopravců pro podporu provozního řízení dopravy

Tyto mobilní aplikace jsou vytvořené pro interní potřeby konkrétního dopravce, používají je tedy jenom zaměstnanci, pro veřejnost nejsou dostupné. Zaměstnanci často používají v rámci jedné pracovní pozice několik služebních aplikací tohoto typu. Slouží zejména jako zdroj dat pro provozní systémy pro řízení dopravy (např. ke sběru a přenosu dat o vlacích, vozech a dalších provozních parametrech). Pro svou funkčnost většinou přebírají data z návazných informačních systémů, která následně využívají při zpracování relevantních informací a data dále odesílají do dalších provozních systémů řízení dopravy.

Vzhledem k faktu, že jsou často napojené na návazné IS, které obsahují citlivá data (provozní informace o vlacích, zaměstnancích apod.), mají vysoké nároky na **zabezpečení** (distribuce k uživatelům, instalace, přenos dat, přístup do aplikace). Zároveň s aplikacemi jsou často navrhována i rozhraní, přes která bude přenos dat probíhat, a je tedy možné jejich zabezpečení ovlivnit.

Funkčnost těchto aplikací zahrnuje především **práci s daty – prohlížení, zadávání, editaci a správu** – data o vlacích, vozech, jízdní řády, výkazy práce apod. Uživatelé aplikací mají možnost přistupovat k sestavám dat v různých formátech i z návazných IS, tyto sestavy vytvářet na základě provozních nebo analytických potřeb, a následně je upravovat nebo sdílet.

Typickým zobrazovaným obsahem je **větší množství dat ve formě textů a tabulek** (formuláře, zprávy apod.), které uživatelé prohlížejí a editují. Není zobrazován složitější multimediální obsah (videa, komplexní grafické prvky apod.). Vzhled aplikací je přizpůsoben maximální efektivitě požadovaných pracovních úkonů.

Většina aplikací používá **vlastní databáze uživatelů**. Např. velká část skupiny ČD používá centrální systém Logserver (ČD-IS, 2017), který slouží k autentizaci uživatelů a správě jejich přístupových práv (rolí) k jednotlivým aplikacím na bázi protokolu LDAP.

Aplikace se nejčastěji používají **na služebních zařízeních** a je proto možné je pořídit „na míru“ požadovaným účelům. Často jsou také vybavena stejným OS (většinou Android, z důvodu příznivé pořizovací ceny oproti zařízení s iOS). Aplikace tedy bývají často vyvíjeny už s informací, na jakých zařízeních a platformách se budou používat a není tedy nutné je vytvářet v tomto ohledu maximálně univerzální. Samozřejmě je vhodné při vývoji dodržovat obecné zásady pro kompatibilitu s budoucími verzemi OS, jak bylo shrnuto ve studiích Yanga et al. (2018) a Jaina et al. (2022).

Aplikace často komunikují s IS v rámci dalších států EU (pořizování provozních dat o vlaku atd.). V rámci **EU** existují **předpisy** pro formáty pořizovaných dat, rozhraní apod. – viz kap. 3.2.7. Např. aplikace WDRFLyer (RailAppSolutions, 2023) a MPRIS (ČD-IS, 2023b) pořizují a odesílají data o vlaku v evropském standardním formátu dle TAF TSI (Telematics Applications for Freight Service – Technical Specifications for Interoperability). Je proto žádoucí provést další analýzu, jaké standardy by mohly či měly tyto aplikace splňovat.

Vzhledem k tomu, že aplikace jsou používány na služebních zařízeních včetně připojení k datové síti a že jejich uživatelé jsou dopravci, autorka se zamýšlela nad variantou možnosti využití datové sítě GSM-R – viz kap. 3.2.5.

Některé aplikace jsou náročné na potřebu co nejaktuálnějších dat – např. aplikace ETD (ČD-IS, 2023a) – proto je u nich třeba ošetřit správný přenos dat při přechodech mezi **online a off-line režimem** a přepínání mezi různými datovými sítěmi. Tato situace nastává často – při pohybu uživatele vlakem, v kolejišti apod.

Dalším specifikem této skupiny aplikací je **okruh zákazníků i vývojářských firem**. Zákazníků, tzn. dopravců, je relativně málo, v porovnání s ostatními skupinami mobilních aplikací. Vlastní počet uživatelů je potom vyšší než počet zákazníků, protože aplikace používají zaměstnanci dopravce. I počet vývojářských firem je menší ve srovnání s firmami, zabývající se vývojem aplikací pro širokou veřejnost. Důvodem je nutná detailní znalost (kromě informačních technologií) i vlastního interního prostředí železniční dopravy. Tyto firmy často spolupracují, jejich vztahy jsou tedy spíše kooperativní než konkurenční.

Autorka provedla srovnání uživatelského rozhraní aplikací uvedených v příloze A a zjistila, že přestože tyto aplikace řeší podobné potřeby uživatelů, jejich vzhled a ovládání se často liší. Tato variabilita, způsobená přizpůsobením konkrétním zákazníkům nebo odlišnými přístupy vývojářů, přináší u konkrétních aplikací výhody, ale zároveň může ztížit orientaci uživatelů pracujících

s více nástroji. Protože jsou aplikace vyvíjeny různými firmami na míru konkrétním zákazníkům, nelze očekávat úplné sjednocení všech přístupů. Zkoumání těchto rozdílů ale umožňuje lépe pochopit potřeby uživatelů, sbírat výhody různých přístupů a navrhnout doporučení pro efektivnější vývoj a vyšší uživatelský komfort.

2.2 Aplikace konkrétního dopravce pro cestující veřejnost

Tyto aplikace jsou určeny k uspokojení zájmů a potřeb uživatelů veřejné dopravy, ale jsou vytvářeny s rovnocennou snahou generovat zisk pro samotného dopravce a respektují jeho obchodní cíle. Počet uživatelů je vysoký, aplikace bývá volně přístupná k instalaci.

Podobně jako u železničních dopravců existuje řada mobilních aplikací dopravců v silniční dopravě, s obdobnými funkcemi a vlastnostmi. Jsou to např. Virtuální karta (Plzeňské městské dopravní podniky), Vary Virtual (Plzeňské městské dopravní podniky), Moje DPO (Dopravní podnik Ostrava), DPMO (Dopravní podnik města Olomouc), ViPKA (Dopravní podnik města Pardubice), HopOn (Dopravní podnik města Hradce Králové), DPLMJ (Dopravní podnik města Liberce a Jablonce nad Nisou. Vzhledem k tomu, že autorka se zaměřila na železniční dopravu, jsou aplikace uvedené pouze takto informativně.

Velký počet uživatelů zásadně ovlivňuje požadavky na distribuci, instalaci a aktualizaci aplikace – je třeba, aby byla dobře dostupná a uživatelsky příjemná. Dále je třeba ze stejného důvodu respektovat velkou rozmanitost mobilních zařízení a jejich vlastností, platforem a jejich verzí – mobilní aplikace by se měla správně chovat na většině zařízení.

Většina uživatelů využívá v těchto aplikacích svoje účty z portálů konkrétního dopravce, velký důraz je proto kladen jednak na ošetření přístupu k účtu a dále na formát odesílaných dat, který musí být takový, aby jej byl portál schopen přijmout. Např. uživatelský účet z portálu cd.cz využívá hned několik mobilních aplikací – např. Můj Vlak, Vlakem na výlet. Bývá proto výhodné vytvořit jednotné přihlášení uživatelů k účtu, např. zde realizováno protokolem OAuth.

2.3 Aplikace pro cestující veřejnost v konkrétním IDS/oblasti

Tyto aplikace jsou zaměřené primárně na zájmy a potřeby uživatele jakožto uživatele veřejné dopravy v rámci konkrétního IDS nebo podobné územní oblasti. Stejně jako u předešlé skupiny jsou tyto aplikace určené pro velký počet uživatelů. Z hlediska nabízených služeb v dopravě bývají komplexnější. Mohou být také zaměřeny na konkrétní region nebo město a poskytovat informace o místních akcích, událostech, turistických atrakcích a dalších místních záležitostech. Jsou méně komerčně orientované než aplikace konkrétních dopravců.

Požadavky na distribuci a instalaci jsou velmi podobné jako u předchozí skupiny, stejně tak jako potřeba přizpůsobení aplikace různým typům mobilních zařízení a platforem. Skladba uživatelů a jejich mobilních zařízení je dá se říci stejná, jako u předešlé skupiny. Uživatelé také často využívají svůj účet v portálu konkrétního IDS. Aplikace obsahují často více funkcí než aplikace konkrétních dopravců – např. placení parkovného, informace o kontaktních místech apod.

2.4 Aplikace pro cestující veřejnost nezávisle na dopravci/IDS

Tyto aplikace jsou zaměřené primárně na zájmy a potřeby uživatelů veřejné dopravy. Jsou dosti rozmanité z hlediska funkcí i zdrojových dat. Existuje jich velké množství, z nichž ale podstatná část neprochází pravidelnou údržbou a není používána větším množstvím uživatelů, proto nebyly do rešerše zahrnuty.

Stejně jako u předešlé skupiny jsou tyto aplikace určené pro velký počet uživatelů, požadavky na distribuci a instalaci a aplikaci jsou velmi podobné, stejně tak jako potřeba přizpůsobení aplikace různým typům mobilních zařízení a platform.

Autory těchto aplikací bývají často nezávislí vývojáři, jejichž motivací je vytvoření užitečného nástroje či řešení nějakého konkrétního problému. Tyto aplikace mají za cíl obvykle zlepšit uživatelský zážitek a splnit potřeby uživatelů. Přestože mohou obsahovat reklamy nebo nabízet placené funkce, jejich primárním záměrem není maximalizace zisku, ale poskytnutí užitečného produktu.

Některé aplikace (IDOS, Jízdní řády) jsou vyvinuty pro komerční firmy, jejichž cílem je generování zisku. Zisk vzniká např. z in-app nákupů, reklamních zobrazení nebo placených funkcí, a proto jsou obvykle více zaměřeny na optimalizaci příjmu z aplikace. Těmito vlastnostmi se podobají aplikacím ze skupiny „Cestující veřejnost konkrétního dopravce“.

2.5 Aplikace pro cestující veřejnost od provozovatele infrastruktury

V ČR je na naprosté většině veřejných železničních drah správcem a provozovatelem SŽ (Správa železnic, státní organizace). Veřejnosti poskytuje jednu aplikaci, která se svým zaměřením a vlastnostmi výrazně liší od ostatních identifikovaných skupin aplikací, a proto je pro přehlednost uvedena samostatně.

2.6 Interní aplikace provozovatele infrastruktury

Majoritní provozovatel infrastruktury v ČR, SŽ, v současné době žádnou vlastní mobilní aplikaci pro služební účely nepoužívá. Pro úplnost přehledu subjektů v železniční dopravě je třeba uvést i tuto informaci.

2.7 Shrnutí analýzy současného stavu mobilních aplikací v dopravě

Na základě provedené analýzy je patrné, že v současnosti existuje velké množství dopravních mobilních aplikací s různým zaměřením. Podle zaměření a uživatelské skupiny lze aplikace rozdělit do několika základních skupin. Tyto skupiny mají odlišné nároky a potřeby. V rámci jedné skupiny lze tyto potřeby definovat, při vývoji se na ně zaměřit a v rámci dané skupiny je

implementovat jednotně, tzn. bez nutnosti pro identifikované potřeby vždy znovu zjišťovat optimální postup. Respektováním těchto požadavků lze dosáhnout optimálních výsledků pro uživatele i vlastníky (např. konkrétní dopravce).

Identifikované vlastnosti a požadavky skupin aplikací jsou shrnuty v tab. 1:

Tab. 1 Skupiny dopravních mobilních aplikací

<i>Skupina aplikací</i>	<i>Určení</i>	<i>Okruh uživatelů</i>	<i>Specifika</i>	<i>Požadavky</i>
Interní aplikace dopravců pro provozní řízení železniční dopravy	Interní potřeby dopravců	Zaměstnanci dopravy	Nedostupné veřejnosti	Zabezpečení přístupu uživatelů
			Napojení na další IS (i mezinárodní)	Zabezpečení aplikace i dat
			Používané na jednotlivých služebních zařízeních	Není nutná důsledná optimalizace aplikace pro velký počet mobilních zař. a platform Ošetření distribuce aplikace k uživatelům včetně aktualizací
			Náročné na aktuálnost dat	Ošetření přenosu dat při častých přechodech mezi online/off-line stavem
			Specifické pracovní úkoly	Maximální přizpůsobení vzhledu efektivitě bez nutnosti zaujmout uživatele líbivým designem
			Specifický trh zákazníků i vývoj. firem	
Aplikace konkrétního dopravce	Potřeby uživatelů dopravce se zaměřením na jeho obchodní cíle	Cestující konkrétního dopravce	Vysoký počet uživatelů	Dobrá přístupnost instalace, optimalizace aplikace pro množství mobilních zařízení a platform
			Napojení na IS daného dopravce	Vhodný přístup k účtu a datům uživatele v návazném IS, ošetření formátu odesílaných dat
Aplikace pro cestující v konkrétním IDS/oblasti	Zájmy a potřeby cestujících v konkrétní oblasti	Cestující v jednom IDS/územní oblasti	Vysoký počet uživatelů	Dobrá přístupnost instalace, optimalizace aplikace pro množství mobilních zařízení a platform
			Komplexnost nabízených služeb (jízdenky, placení parkování, regionální informace atd.)	Přizpůsobení vzhledu a ovládání různým funkcím v rámci jedné aplikace
		Cestující veřejnost	Vysoký počet uživatelů	Dobrá přístupnost instalace, optimalizace

<i>Skupina aplikací</i>	<i>Určení</i>	<i>Okruh uživatelů</i>	<i>Specifika</i>	<i>Požadavky</i>
Aplikace pro cestující nezávisle na dopravci/IDS	Cestující bez výše uvedených omezení			aplikace pro množství mobilních zařízení a platforem
			Rozmanitě z hlediska funkcí i zdrojových dat	Další požadavky závislé na konkrétním určení aplikace
Aplikace pro cestující od provozovatele infrastruktury	Informování cestujících o stavu dopravy na provozované infrastruktuře	Cestující veřejnost	V žel. dopravě jediná majoritní aplikace od SŽ	

Zdroj: autorka

Jak z tab. 1 vyplývá, pro každou skupinu jsou tyto požadavky odlišné a někdy se dokonce navzájem vylučují. Aby výstupem metodiky byl skutečně efektivní vývoj i používání aplikace, bude metodika adresována jedné skupině, a to skupině mobilních aplikací pro provozní řízení železniční dopravy, popsané v kap. 2.1.

3 Stav vědeckého poznání

V této kapitole je provedeno shrnutí aktuálního stavu vědeckého poznání ve všech oblastech souvisejících s dalším výzkumem uvedeným v disertační práci. U jednotlivých podkapitol je uvedeno, kterých částí návazného výzkumu se týkají.

3.1 Klíčové parametry pro vývoj mobilních aplikací

V této podkapitole je provedeno shrnutí výzkumných studií zaměřených na hodnocení použitelnosti a přínosu mobilních aplikací z pohledu UI (uživatelského rozhraní), UX (uživatelské zkušenosti) a celkové efektivity aplikace. Účelem této analýzy je poskytnout výchozí informace pro vývoj efektivnějších mobilních aplikací.

Studie vycházejí z definice použitelnosti aplikací podle normy ISO 9241-11 (ISO, 2018), která zní: Míra, do jaké mohou uživatelé používat produkt k dosažení určitých cílů s účinností, efektivitou a spokojeností v určitém kontextu použití.

Pro stanovení vlivu parametrů mobilních aplikací na míru použitelnosti použili Goel et al. (2018) metodu vícekritériálního rozhodování a její varianty – analytický hierarchický proces, Interpretační strukturální modelování, techniku pro pořadí preference podle podobnosti s ideálním řešením a metodu DEMATEL (Decision-making trial and evaluation laboratory). Jako hlavní oblasti byly identifikovány efektivita, výkonnost a spokojenost uživatele. Váha konkrétních parametrů závisí silně na typu aplikace – např. aplikace sociálních sítí, bankovní, elektronické obchodování, zpravodajství, hry atd. Tyto oblasti dále zpřesnil Weichbroth (2020) prostřednictvím systematické literární rešerše.

Ahmad et al. (2018) provedli srovnání své literární rešerše s výsledky získanými metodou dotazování v reálném prostředí vývoje mobilních aplikací. Na základě těchto výsledků a závěrů předchozích vědeckých prací byly identifikovány konkrétní parametry, které mají vliv na budoucí úspěch aplikace:

- **kvalita a účinnost kódu**, ve kterém je aplikace naprogramována,
- **testování aplikace**,
- **celková uživatelská zkušenost**, kterou si vytvoří uživatel při interakci s aplikací, včetně dokumentace (poskytuje jasné návody, popisy funkcí a postupy pro řešení případných problémů a významně ovlivňuje, jak uživatel aplikaci vnímá a jak efektivně ji dokáže používat),
- **zabezpečení aplikace** – autorizace a autentizace uživatele při přístupu do aplikace, ochrana před útoky, v širším kontextu i zabezpečení přenášených a uložených dat apod. – viz kap. 3.2.1,
- **řízení změn aplikace** – instalace, upgrady a aktualizace.

Výsledky těchto studií dále autorka Šmídová et al. (2023) zpřesnila pro užší skupinu dopravních aplikací a pro efektivitu dopravních aplikací byly identifikovány jako zásadní tyto parametry:

- **zabezpečení aplikace** – viz předchozí odstavec a podrobněji popsáno v kap. 3.2.1,
- **uživatelské rozhraní** aplikace, které slouží uživateli jako vizuální a interaktivní prostředek při práci s aplikací – viz kap. 3.2.2,
- **distribuce** aplikací k uživatelům včetně jejich aktualizací – viz kap. 3.2.3,
- **operační systém** mobilního zařízení, na němž je aplikace provozována – viz kap. 3.2.4,
- použitá **vývojová platforma** včetně podpory webového prohlížeče v případě webové technologie,
- **připojení** mobilního zařízení k datové síti – viz kap. 3.2.5.

Kromě uvedených parametrů z provedené analýzy vyplynuly i následující oblasti, které je třeba zařadit do další analýzy:

- **typy mobilních zařízení**, které lze pro provoz těchto specifických aplikací doporučit – viz kap. 3.2.6,
- **standards EU**, které by tyto aplikace měly splňovat – viz kap. 3.2.7,
- **globální družicové polohovací systémy GNSS**, které jsou pro mobilní zařízení k dispozici a podle kterých lze doporučit vhodné mobilní zařízení – viz kap. 3.2.8.

3.2 Aktuální stav technologií pro vývoj mobilních aplikací

V této podkapitole je provedeno shrnutí současného stavu používaných technologií pro všechny klíčové parametry identifikované v kapitole 3.1. Zaměřuje se na dvě oblasti: stav vědeckého poznání prezentovaný ve formě studií a rešerší, a přehled moderních technologií dostupných vývojářům. Účelem této analýzy je poskytnout vodítko pro stanovení oblastí relevantních k dosažení vytyčeného cíle disertační práce (nikoli vytvořit vyčerpávající přehled technologií).

3.2.1 Zabezpečení

Jak bylo již zmíněno, v případě mobilních aplikací je obzvláště důležité aplikaci vyvinout a udržovat kvalitně zabezpečenou – kromě ohrožení dat konkrétního uživatele mobilního zařízení hrozí napadení přístupu do návazných IS.

Alanda et al. (2020) ve své studii uvádí, že testy prováděné na mobilních aplikacích zjistily tyto hlavní oblasti, které jsou často slabým místem v mobilních aplikacích:

- nezabezpečené ukládání dat,
- nezabezpečený přenos dat – komunikace a šifrování,
- nezabezpečená autentizace a autorizace,
- kvalita kódu – např. nedostatečná binární ochrana, pevně zakódovaná hesla a klíče,
- nesprávné používání platformy.

Existuje mnoho nástrojů, zdrojů a metodik pro vývojáře, správce a bezpečnostní odborníky pro podporu vývoje a provozování bezpečných aplikací – např. projekt a komunita OWASP (Open Web Application Security Project).

Zásadní dle Alanda et al. (2020) jsou tyto oblasti:

Autentizace uživatelů

Cílem autentizace je ověřit, že uživatel, který se snaží přistoupit ke svým datům, je skutečně tím, za koho se vydává. Podle Wanga et al. (2020) jsou autentizační metody používané na mobilních zařízeních založeny na znalostech (heslo, PIN), vlastnictví (token, certifikát, karta), biometrii (otisk prstu, obličej), behaviorální biometrii (gesta) a dvou/vícefaktorové autentizaci, která přináší zvýšenou bezpečnost kombinace předchozích způsobů, jak podrobně popsal Reese et al. (2019).

Každý způsob má svoje výhody i nevýhody a je vhodný pro použití v různých situacích.

Autorizace uživatelů

Autorizace uživatele je proces určování oprávnění uživatele ke konkrétním zdrojům nebo operacím v aplikaci. Pokud uživatel projde procesem autentizace, autorizace určuje, jaké činnosti nebo úkoly může daný uživatel provádět v rámci systému.

Pro autentizaci a autorizaci existuje několik protokolů, tzn. standardů a souborů pravidel. Srovnání nejpoužívanějších protokolů provedl Mehl (2022). Protokoly LDAP, Kerberos, OAuth2, SAML a RADIUS jsou vhodné pro různé účely autorizace a ověřování a jsou používány dalšími technologiemi, jako např. Single Sign On, která umožňuje uživatelům přihlásit se jednou k určitému systému a poté získat přístup k dalším systémům nebo Identity Access Management (souhrn technologií, které pomáhají organizacím spravovat uživatelské účty).

Šifrování dat

Pro šifrování přenášených dat mezi mobilní aplikací a dalším systémem se obecně se používají stejné metody a protokoly, jako mezi jinými (ne-mobilními) aplikacemi a systémy.

Vzhledem k tomu, že mobilní aplikace využívají bezdrátové sítě, je důležité přizpůsobit technologii šifrování specifickým požadavkům a omezením bezdrátových sítí, jako je například omezení rychlosti přenosu dat nebo problémy s konektivitou. V takovém případě mohou být použity speciální technologie a optimalizace pro efektivní a bezpečný přenos dat v rámci mobilních sítí.

Pro efektivní a bezpečný přenos dat v mobilních sítích se používají dle Krause (2024) technologie, jako jsou protokoly zajišťující šifrovanou komunikaci (např. HTTPS s SSL/TLS nebo SSH), které zabezpečují data pomocí asymetrického šifrování. Protokoly SSL/TLS poskytují šifrování a autentizaci serveru, zatímco HTTP/2 a QUIC umožňují efektivní přenos dat díky multiplexování a šifrování přes UDP. VPN vytváří zabezpečený tunel pro šifrovaný přenos dat. Pro implementaci šifrování v aplikacích jsou využívány knihovny, jako je OpenSSL nebo Bouncy Castle.

Zabezpečení ukládaných dat

Zabezpečení ukládání dat v mobilních aplikacích závisí na konkrétní implementaci aplikace a použitých technologiích. Některé aplikace mohou ukládat data v nešifrované formě v lokální paměti zařízení, což znamená, že by data mohla být snadno získána a zneužita, pokud by zařízení bylo odcizené nebo ztracené.

Ve studiích Hammouda Alruwiese et al. (2022) a Devlekara et al. (2022) byly shrnuty základní způsoby zabezpečení:

- zabezpečením vstupu do telefonu – heslo, PIN, kód, otisk prstu, rozpoznání obličeje apod.,
- zabezpečením použití samotné aplikace ve formě autentizace a autorizace uživatele – viz výše,
- zálohováním dat do cloudu, který zabezpečí data svými prostředky – např. šifrovacími klíči,
- šifrováním ukládaných dat – SW a HW (např. bezpečnostní čip) nástroje, aplikované šifry, šifrování na úrovni OS (např. Android standardně šifruje ukládaná data na některých telefonech, viz dokumentace Google (2024)) apod.
- šifrování paměťových karet.

Tyto technologie a metody lze kombinovat a přizpůsobit konkrétním potřebám a požadavkům aplikace.

Omezení práv aplikace

Omezení přístupu aplikací na mobilních zařízeních k systémovým funkcím má podle Yuana et al. (2020) několik důvodů:

- ochrana před škodlivým softwarem – škodlivý software může využívat systémové funkce k infikování mobilního zařízení a ovládnutí ho bez vědomí uživatele,
- ochrana před útoky – útočníci mohou využít systémové funkce k útokům na mobilní zařízení a odcizení dat,
- ochrana soukromí – některé systémové funkce mohou poskytovat aplikacím přístup k citlivým datům, jako jsou fotografie, kontakty nebo poloha uživatele. Omezení přístupu aplikací k těmto funkcím může pomoci chránit soukromí uživatele a zabránit neoprávněnému shromažďování dat,
- stabilita – pokud má aplikace přístup k systémovým funkcím, může způsobit nestabilitu operačního systému, což může vést k pádu aplikací, zpomalení systému, a dokonce i k celkovému selhání zařízení. Omezení přístupu k těmto funkcím může pomoci udržet stabilitu operačního systému a zajistit plynulý běh aplikací,
- omezení potenciálně nebezpečného chování – některé aplikace mohou mít špatně navržený kód, který nezáměrně způsobí nestabilitu nebo dokonce selhání zařízení.

Aplikace musí deklarovat oprávnění v souboru manifest.xml pro přístup k systémovým prostředkům. Android dělí oprávnění na normální (nevyžadují autorizaci uživatele), nebezpečná (vyžadují autorizaci) a podpisová (chrání soukromé prostředky aplikace a vyžadují shodné

certifikáty). Kromě systémových oprávnění mohou aplikace využívat i vlastní oprávnění. Tato správa oprávnění významně přispívá k zabezpečení dat i zařízení.

Testování zabezpečení zahrnuje:

- statickou analýzu kódu, která identifikuje bezpečnostní chyby, jako nezabezpečené přístupy nebo chyby v kryptografii,
- dynamickou analýzu za běhu aplikace, zaměřenou na zranitelnosti, jako jsou nezabezpečené přenosy dat; zahrnuje penetrační testování, jak jej popsal Alanda et al. (2020),
- reverzní inženýrství, popsané ve studii Albakriho et al. (2022), které odhaluje rizika analýzou kódu,
- analýzu třetích stran, testující bezpečnost externích knihoven a API,
- manuální testování zahrnující testy vstupů, autentizace a dat, podpořené testovacími nástroji, které přehledně shrnuli Arif et al. (2019) – tato zjištění budou dále použita i v návrhu vlastního řešení disertační práce.

Aktualizace

Pravidelné aktualizace mobilních aplikací jsou důležité z hlediska bezpečnosti, protože zajišťují, že aplikace bude fungovat správně, bude kompatibilní s nejnovějšími verzemi operačního systému a bude chránit data v zařízení. Jak popsali Gad et al (2022) a Hewawitharana (2022), při provádění aktualizací mají pro zvýšení bezpečnosti význam hlavně tyto oblasti:

- oprava chyb a zranitelností,
- implementace nových funkcí pro zajištění bezpečnosti,
- aktualizace bezpečnostních protokolů,
- kompatibilita s novými verzemi operačního systému.

Jak uvedla Hewawitharana (2022), nové verze operačních systémů často zpřísňují bezpečnostní zásady, což ovlivňuje oprávnění a přístup k funkcím. Mobilní aplikace musí být kompatibilní s novými i staršími verzemi OS. Naith et al. (2018) popisují metody testování kompatibility, jako jsou crowdsourcingové platformy, automatizované testy, cloudové služby a využití znalostních databází.

Široce uznávaná je zmíněná globální organizace OWASP (Open Web Application Security Project), která se zaměřuje na zlepšení bezpečnosti softwaru a aplikací. Poskytuje zdarma řadu nástrojů, dokumentů, standardů a zdrojů zaměřených na bezpečnostní praktiky při vývoji aplikací. Na zabezpečení mobilních aplikací je zaměřen průmyslový standard OWASP MASVS (Mobile Application Security Verification Standard). Je určen pro podporu vývoje mobilních aplikací ve fázi návrhu, programování i testování. Doplnkem standardu je příručka OWASP Mobile Application Security Testing Guide (MASTG), výčet bezpečnostních slabín mobilních aplikací OWASP Mobile Application Security Weakness Enumeration (MASWE) a kontrolní seznam zabezpečení OWASP MAS. Společně slouží pro ověřování kontrolních mechanismů uvedených v OWASP MASVS a prokazování shody.

Norma OWASP MASVS zahrnuje klíčové oblasti zabezpečení mobilních aplikací, zaměřené na ochranu citlivých dat, kryptografii, autentizaci, síťovou komunikaci, interakci s platformou, správu kódu, odolnost vůči útokům a ochranu soukromí uživatelů.

Každoročně je vydáván seznam OWASP Mobile Top 10, který uvádí deset nejčastějších a nejzávažnějších bezpečnostních rizik, která se objevují při vývoji mobilních aplikací. Seznam slouží jako průvodce pro vývojáře, testery i bezpečnostní experty, aby se soustředili na klíčové oblasti při zajišťování bezpečnosti mobilních aplikací.

Z výše uvedeného je patrné, že zabezpečení mobilních aplikací pokrývá širokou škálu různorodých oblastí, které vyžadují specializované nástroje a technologie, jak potvrdili Huo et al. (2024). Z důvodu rozsahu problematiky nebude uveden kompletní výčet všech oblastí zabezpečení, nýbrž pouze vybrané příklady, které ilustrují, že téměř ve všech případech existuje možnost volby mezi bezplatnými/open-source a komerčními řešeními.

Bezplatné/open-source technologie a nástroje

Open-source nástroje pro zabezpečení aplikací jsou často voleny pro svou transparentnost a flexibilitu. Výhodou open-source nástrojů je, že jejich kód je veřejný, což umožňuje širší komunitě odborníků kontrolovat jeho bezpečnost, vylepšovat ho a rychleji opravovat zranitelnosti. Open-source technologie však mohou vyžadovat více interních zdrojů na správu a implementaci.

Komerční/placené technologie a nástroje

Komerční řešení často poskytují profesionální podporu, širší funkčnost a robustnější uživatelské rozhraní, které je snadnější na použití bez nutnosti hlubokých technických znalostí. Tyto nástroje jsou často vybaveny funkcemi, které poskytují více automatizace a integraci s dalšími firemními systémy. Placení za tyto nástroje obvykle zahrnuje výhody, jako je lepší technická podpora, pravidelné aktualizace a rychlejší řešení problémů.

Z výše uvedených studií autorka v tab. 2 vytvořila přehled používaných bezplatných i placených bezpečnostních nástrojů pro mobilní aplikace.

Tab. 2 Bezpečnostní nástroje pro mobilní aplikace

<i>Nástroj</i>	<i>Cenový model</i>	<i>Hlavní vlastnosti</i>
OWASP ZAP	Bezplatný (open-source)	Automatizované i manuální testování zranitelností, snadná integrace s vývojovými nástroji, vhodné pro webové i mobilní aplikace.
Burp Suite Professional	Placený (s licencí)	Pokročilé skenování zranitelností, manuální testování, integrace s CI/CD, podrobné reportování, vhodné pro profesionální testery.
SonarQube Community Edition	Bezplatný (open-source)	Analýza kvality a bezpečnosti kódu, detekce zranitelností, podpora více programovacích jazyků, vhodné pro malé a střední týmy.
Veracode Static Analysis	Placený (enterprise řešení)	Komplexní analýza kódu, integrace do vývojového procesu, automatické bezpečnostní reporty, ideální pro velké organizace.
OpenSSL	Bezplatný (open-source)	Široce používaná knihovna pro šifrování dat, podpora SSL/TLS, bezpečný přenos dat, flexibilní implementace.
Thales CipherTrust	Placený (enterprise řešení)	Pokročilé šifrování dat, centralizovaná správa klíčů, audit šifrování, ochrana pro cloudová a hybridní prostředí.
Auth0	Freemium (základní verze zdarma, pokročilé funkce placené)	Platforma pro řízení přístupu uživatelů, podpora více autentizačních metod (OAuth, SAML, OpenID Connect), snadná integrace.
Okta	Placený (enterprise řešení)	Komplexní správa identity a přístupu, vícefaktorová autentizace, ochrana proti phishingu, integrace s podnikovými systémy.
OWASP API Security Project	Bezplatný (open-source)	Souhrn osvědčených postupů pro ochranu API, detekce zranitelností, široce používané mezi vývojáři.
Salt Security	Placený (enterprise řešení)	Pokročilá ochrana API před útoky, automatizovaná detekce hrozeb, monitorování v reálném čase, vhodné pro velké podniky.

Zdroj: autorka

3.2.2 Uživatelské rozhraní

Navržení vhodného UI pro mobilní aplikaci je jednou z klíčových vlastností pro její využitelnost. Při návrhu designu aplikace pro provoz železniční dopravy je podstatná funkčnost a snadnost používání. Důraz je tedy kladen na efektivitu aplikace před estetickým designem nebo jinými vlastnostmi, které nejsou pro tento typ aplikací tak důležité. Je třeba UI zaměřit na praktické provádění specifických úkonů (např. pořizování dat o vlacích, používání traťových jízdnic řádů atd.). Často se stává, že uživatel pracuje na své pracovní pozici s několika aplikacemi – sjednocení jejich UI by vytvořilo koherentní uživatelské prostředí. V současnosti jsou tyto aplikace provozovány hlavně na smartphonech a tabletech; plné využití jejich možností a výhod je možné zabezpečit navržením responzivního UI.

Zásady, které by mělo efektivní a přívětivé UI splňovat, byly zkoumány v mnoha studiích, např. Jung et. al (2018) a Peter Dey et al. (2019); existuje také velké množství vývojářských komunitních

webů, zabývajících se touto tematikou. V zásadě z těchto dostupných informací vyplývají následující oblasti, které je třeba vzít v úvahu při návrhu kvalitního UI:

- minimalistický design,
- jednoduchá navigace,
- konzistence,
- přehledné a strukturované zobrazení dat,
- snadné ovládání,
- zvýraznění důležitých prvků,
- barvy,
- responzivní design.

Pro zajištění těchto a dalších, podrobnějších zásad, existuje celá řada metodik. Jak shrnul Hamilton (2020), rozšířené jsou zejména Material Design (Google), Human Interface Guidelines (Apple), Microsoft Fluent Design System, Atlassian Design System, IBM Carbon Design System a další.

Mobilní aplikace zkoumané skupiny jsou velmi často vytvářeny pro velké společnosti, které používají korporátní vzhled. Zde je třeba zhodnotit, jestli je výhodnější si vytvořit vlastní vzhled nebo adaptovat některý existující designový systém. Při pokusu o přizpůsobení metodiky se mohou objevit určitá pravidla a omezení, která neumožní existující prvky přizpůsobit přesně podle požadovaného designu a potřeb, nebo by tyto práce byly náročnější než vytvoření vlastního vzhledu. Peter Dey et. al. (2019) uvádí, jak lze tyto problémy do jisté míry eliminovat v závislosti na míře, v jaké je třeba existující prvky adaptovat.

Vývojáři mají k dispozici řadu dále uvedených nástrojů pro návrh UI.

Bezplatné a open-source nástroje

Tyto nástroje jsou k dispozici zdarma, některé mají dostupný zdrojový kód. Častou variantou bývají tzv. freemium nástroje – nabízejí základní funkce zdarma, zatímco další prémiové funkce nebo obsah jsou zpoplatněny.

Komerční/placené technologie a nástroje

Uživatelé platí za jejich používání, disponují pokročilými funkcemi a profesionální podporou.

V roce 2024 byly v odborných článcích (např. Behyan (2024) a The Design Village (2024)) nejlépe hodnoceny nástroje uvedené v tab. 3.

Tab. 3 Nástroje pro návrh UI

<i>Nástroj</i>	<i>Cenový model</i>	<i>Hlavní vlastnosti</i>
Figma	Freemium (základní verze zdarma, placené plány s více funkcemi)	Cloudový nástroj pro návrh UI a prototypování, týmová spolupráce, návrh vektorové grafiky, export do CSS.
Adobe XD	Freemium (základní verze zdarma, prémiové funkce v placeném plánu)	Návrh UI, prototypování, integrace s Adobe nástroji, animace, sdílení prototypů.
Sketch	Placený (předplatné nebo jednorázový nákup s roční podporou)	Pouze pro macOS, zaměřený na UI design a design systémy, podpora pluginů.
Axure RP	Placený (vyžaduje licenci)	Pokročilý nástroj pro interaktivní prototypy, tvorba logiky bez programování, diagramy a specifikace.
Proto.io	Placený (bezplatná zkušební verze, poté předplatné)	Cloudový nástroj pro interaktivní prototypy bez nutnosti kódování, animace, testování na reálných zařízeních.
Marvel	Freemium (omezené funkce zdarma, placené plány s více funkcemi)	Jednoduché rozhraní pro návrh a prototypování, wireframy, testování uživatelských toků.
InVision	Freemium (omezené funkce zdarma, placené plány s rozšířenými funkcemi)	Nástroj pro prototypování a týmovou spolupráci, interaktivní návrhy, komentování a správa design systémů.

Zdroj: autorka

3.2.3 Distribuce aplikací

Různé metody šíření aplikace mají různé charakteristiky, které mohou ovlivnit dostupnost a použitelnost aplikace pro uživatele. Komplexní analýzu provedla autorka Šmídová et al. (2023). Podle něj například aplikace určené pro širokou veřejnost budou potřebovat maximální dosažitelnost a uživatelskou přívětivost, zatímco u interních firemních aplikací bude kladen důraz na zabezpečený přístup a možnost kontroly přístupu uživatelů k citlivým informacím.

Nejrozšířenější způsoby distribuce aplikací k uživatelům jsou obchody s aplikacemi, prostřednictvím managementu mobility a přímá instalace do zařízení. Jejich vlastnosti jsou shrnuty v tab. 4.

Tab. 4 Metody distribuce mobilních aplikací

<i>Způsob distribuce</i>	<i>Výhody</i>	<i>Nevýhody</i>	<i>Vhodné využití</i>
Obchody s aplikacemi	snadný přístup uživatelů	neověřování uživatele	prostředí s velkým počtem uživatelů, kde není nutná vysoká míra kontroly
	analytické funkce pro vývojáře	případné poplatky	
	zahrnuté prověřování aplikací	časově náročné schvalování aplikace	
	uživatelská přívětivost	závislost aplikace na obchodu	
Mobility management	centralizovaná správa	vyšší náklady	podnikové prostředí se specializovanými aplikacemi
	větší kontrola	omezená flexibilita pro uživatele	aplikace pro interní použití
	vyšší bezpečnost	vyšší náročnost správy systému (zabezpečení atd.)	
	snadná aktualizace	možná potřeba přizpůsobení platformám a změny nastavení telefonu	
Přímá instalace do zařízení	rychlost	nízká úroveň zabezpečení	vývoj a testování aplikací
	nezávislost na dalších systémech	potřeba povolení instalace z neznámých zdrojů	instalace aplikací z alternativních zdrojů
		omezená podpora zařízení či OS	distribuce v uzavřeném prostředí malého množství uživatelů

Zdroj: autorka

Bezplatné, open-source a komerční nástroje

Platformy pro distribuci mobilních aplikací a související technologie kombinují bezplatné a placené možnosti v rámci jednoho řešení. Základní funkce jsou zpravidla dostupné zdarma, což zahrnuje například distribuci aplikací nebo základní analytické nástroje, zatímco pokročilé funkce, jako detailní analytika, rozšířená podpora nebo možnosti přizpůsobení, bývají zpoplatněny. Tento model umožňuje flexibilitu, kdy uživatelé mohou využívat platformu bez nákladů v základní verzi a podle potřeby přejít na placené služby pro pokročilé využití.

V odborných zdrojích (např. Allwhere (2024) a Kumbhar (2025)) byly nejlépe hodnoceny distribuční technologie uvedené v tab. 5:

Tab. 5 Distribuční platformy mobilních aplikací

<i>Platforma</i>	<i>Cenový model</i>	<i>Hlavní vlastnosti</i>
Obchody s mobilními aplikacemi		
Google Play Store	Bezplatný (jednorázový poplatek 25 USD)	Nejrozšířenější obchod pro Android aplikace, podpora pro aktualizace a in-app purchases.
Apple App Store	Placený (roční poplatek 99 USD)	Hlavní platforma pro iOS aplikace, vysoké standardy bezpečnosti a kvality, monetizace.
Samsung Galaxy Store	Freemium (bez základního poplatku, další náklady na monetizaci)	Zaměřený na zařízení Samsung, integrace s ekosystémem Samsung, specifické aplikace.
Amazon Appstore	Freemium (bez základního poplatku, 30% podíl na příjmech)	Alternativní obchod pro Android, zaměřený na Amazon zařízení, podpora pro in-app purchases.
MDM (Mobile Device <i>Management</i>) řešení		
Microsoft Intune	Placený (součást Microsoft 365 a samostatné plány)	Správa mobilních a desktopových zařízení, integrace s Microsoft službami, robustní zabezpečení.
VMware Workspace ONE	Placený (dle počtu zařízení a uživatelů)	Unifikovaná správa zařízení, podpora pro více platform, pokročilé zabezpečení.
Kandji	Placený (na základě počtu zařízení)	Specializace na zařízení Apple, automatizovaná správa a zabezpečení, intuitivní rozhraní.
Scalefusion	Placený (měsíční a roční plány, bezplatná zkušební verze)	Správa mobilních zařízení, vzdálené řízení, bezpečnostní funkce, podpora pro Android, iOS, Windows a macOS.

Zdroj: autorka

3.2.4 Mobilní operační systémy

Mobilní OS poskytují sady API, SDK (Software Development Kit), knihovny a další nástroje, které vývojáři používají při vývoji aplikací. Každý mobilní OS má svůj specifický soubor zmíněných prostředků, které poskytují různé funkce a možnosti – např. správa paměti, ovládání vstupu a výstupu, grafické uživatelské rozhraní apod. Zároveň stanovuje pravidla a omezení, která musí být dodržována při vývoji aplikací pro tento OS – např. omezení přístupu k některým hardwarovým funkcím, jako jsou senzory nebo kamera, správa paměti, výkonu, bezpečnosti atd.

Podle statistik společnosti StatCounter (2023) jsou nejrozšířenějšími mobilními OS tyto:

- **Android** je nejpobulárnější mobilní OS vyvinutý společností Google. Jak podrobně popsal Goad (2023), Android je open source platforma, tzn. umožňuje vývojářům přizpůsobovat a modifikovat jeho zdrojový kód. Rozsáhlá komunita vývojářů se aktivně podílí na jeho rozvoji a vytváření a sdílení aplikací pro Android. Běží na jádře Linux. Je používán na mnoha zařízeních včetně smartphonů, tabletů, chytrých hodinkách a dalších.
- **iOS** je mobilní operační systém vyvinutý společností Apple, určený pouze pro zařízení vyráběná touto společností – především iPhone (smartphony), iPad (tablety) a iPod touch (multimediální přehrávače). Goad (2023) jej popsal jako uzavřený operační systém, což

znamená, že není k dispozici pro jiné výrobce zařízení a nelze ho nainstalovat na zařízení jiných značek a běží na vlastním jádře XNU.

- **Tizen** je otevřený OS od společnosti Samsung, postavený na jádře Linux, používaný zejména pro chytrá zařízení a televize, jak popsal Majchrowicz (2021).
- **Windows CE** je mobilní verze OS Windows od společnosti Microsoft; je uzavřený a určený pouze pro zařízení od společnosti Microsoft.
- **KaiOS** je dle studie Goad (2023) používaný na low-endových telefonech s omezenými funkcemi a výpočetním výkonem.

Pro vytvoření představy zastoupení jednotlivých OS na trhu, a tím i ovlivnění vývoje mobilních aplikací pro konkrétní OS, byla použita data ze zdroje Statcounter (2023).

V tab. 6 je uvedeno porovnání zastoupení mobilních OS na trhu v únoru 2023 v EU a v celosvětovém měřítku.

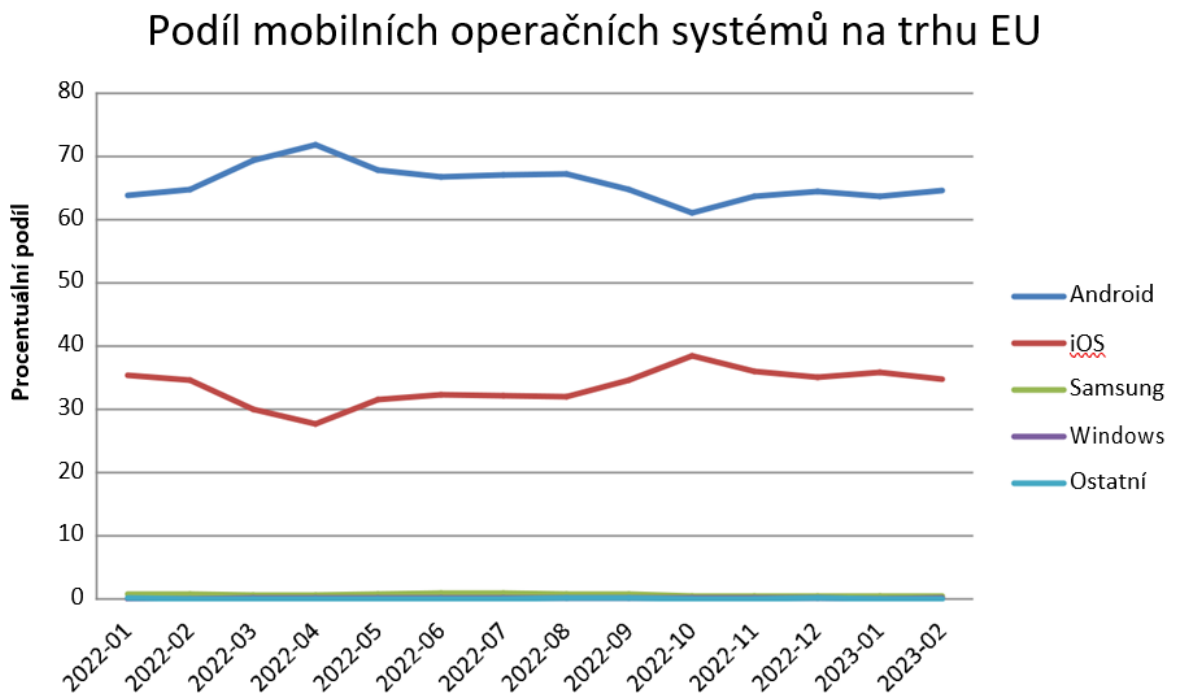
Tab. 6 OS – procentuální podíly na trhu – únor 2023

Podíl na trhu [%]	Android	iOS	Tizen	Windows	KaiOS
EU	63,62	35,84	0,5	0,02	/
Celosvětově	71,77	27,6	0,34	0,02	0,11

Zdroj: Statcounter, 2023, upraveno autorkou

Dva nejpobulárnější mobilní OS na trhu jsou tedy Android a iOS, které jako jediné stále vykazují růst, jak zdokumentoval Goad (2023). V současnosti Android ovládá přibližně dvě třetiny mobilního trhu, v posledních letech podíl OS Android klesl o několik procent ve prospěch iOS.

Obr. 1 demonstruje vývoj podílu mobilních OS na trhu EU v letech 2022 a 2023.



Zdroj: Statcounter, 2023, upraveno autorkou

Obr. 1 Podíl mobilních operačních systémů na trhu EU

Z výše uvedených dat a z autorčina vlastního pozorování a dotazování vývojářů a uživatelů mobilních aplikací v prostředí železničních dopravců vyplývá, že pro účely této práce je relevantní zabývat se operačními systémy Android a iOS.

U těchto OS Garg (2021) a Kaspersky (2022) identifikovali oblasti, které mají významný dopad pro navrhování, vývoj a následné používání mobilních aplikací. U těchto oblastí provedla autorka srovnání pro Android a iOS – viz tab. 7. Zdrojovými daty byly studie a odborné práce uvedené v této kapitole.

Tab. 7 Porovnání iOS a Android

	<i>Android</i>	<i>iOS</i>
Způsob použití	více otevřený a adaptabilní	uzavřený, k dispozici pouze na zařízeních Apple
Uživatelské rozhraní a design	více přizpůsobitelnosti a možností pro uživatele	minimalistický design, jednoduchost použití
Zabezpečení	více zranitelný z důvodu otevřenosti OS, ale jsou vydávány pravidelné aktualizace a bezpečnostní opatření	celkově odolnější proti narušení bezpečnosti a útokům
Cena a zpracování mobilních zařízení	obecně levnější, k dispozici v širší škále cen	dražší s vysokou kvalitou zpracování, možná preference uživatele v designu
Programovací jazyk	Java, Kotlin, C++, C#, Python, Java Script	Swift, Objective-C, C#

	<i>Android</i>	<i>iOS</i>
Vývojové prostředí	Android Studio	XCode
Distribuce aplikací – výrazně odlišné požadavky a pravidla	Google Play Store	App Store
Fragmentace zařízení	široká škála zařízení od různých výrobců s různými hardwarovými specifikacemi – aplikace musí být optimalizovány pro různé velikosti obrazovek a výkonové požadavky	pouze na produktech společnosti Apple – větší kontrola nad hardwarovými specifikacemi.

Zdroj: autorka

Vliv aktualizace OS na mobilní aplikace

Operační systémy jsou neustále průběžně vylepšovány a aktualizovány z důvodu bezpečnosti, nových funkcí a vylepšení vzhledu, jak popsal Farhang (2018). Některé aktualizace mohou obsahovat změny, které jsou zásadní pro mobilní aplikace provozované na daném zařízení. Již při vývoji je třeba připravit mobilní aplikaci tak, aby s těmito možnými budoucími změnami počítala.

Yang (2018) se zabýval možností automatizovaného postupu při vyhledávání dopadů změn v aktualizacích OS na existující mobilní aplikace. Jain (2022) implementoval predikční model pro identifikaci tříd OS Android, které jsou náchylné na změny v aktualizacích systému a je třeba na ně zaměřit pozornost při vývoji mobilních aplikací.

Na základě těchto závěrů společně s výsledky Profusion Systems (2024) byly jako klíčové identifikovány tyto změny a je třeba se na ně blíže zaměřit v následující disertační práci:

- změny v API,
- nové funkce a technologie,
- změny v bezpečnosti,
- kompatibilita.

V oblasti operačních systémů je situace co do rozdělení bezplatných a placených technologií odlišná, protože OS, pro který má být vyvíjena aplikace určena, bývá předem stanoven potřebami uživatele/zákazníka. Samotný výběr operačního systému zásadně ovlivňuje volbu nástrojů a technologií, jako jsou programovací jazyky, vývojové frameworky či distribuční platformy. Např. iOS vyžaduje většinou nástroje a služby dostupné pouze v rámci placeného ekosystému Apple. Pro vývoj pro Android se často využívají open-source nástroje, lze ale využít i placené komerční technologie, které poskytují rozšířené funkce a podporu pro vývojáře.

3.2.5 Mobilní síť

Mobilní síť a aplikace se vzájemně ovlivňují – kvalita sítě ovlivňuje rychlost a spolehlivost aplikací, rostoucí počet uživatelů zase zvyšuje nároky na síť. Nové technologie sítí umožňují

pokročilé funkce aplikací, jako je použití rozšířené reality či AI. Vývojáři musí optimalizovat aplikace pro různé podmínky sítí, aby zajistili spolehlivý a uživatelsky přívětivý provoz.

Už ve fázi programování mobilních aplikací je třeba brát v úvahu způsob připojení k mobilní síti, protože kvalita připojení může mít výrazný dopad na výkon aplikace a uživatelskou zkušenost. Je důležité zohlednit omezení, která v mobilní síti mohou nastat, a navrhnout aplikaci tak, aby byla robustní a mohla pracovat i v nepříznivých podmínkách sítě. Tyto předpoklady potvrdili a dále rozvedli Tan et al. (2008). Při návrhu a tvorbě aplikací je tedy vhodné zohlednit zejména tyto parametry:

- **rychlost připojení** – aplikace by měla být navržena tak, aby rychlost připojení příliš neovlivňovala uživatelskou zkušenost, měla by být optimalizována i pro pomalejší připojení a chovat se korektně, i když je síť nedostupná,
- **spotřeba dat** – aplikace by měla být navržena tak, aby minimalizovala spotřebu dat, což zvyšuje její rychlost a také snižuje náklady na připojení (dle podmínek poskytovatele připojení),
- **stav připojení** – aplikace by měla být schopna detekovat a reagovat na změny v připojení k síti, jako jsou výpadky připojení, přepínání mezi Wi-Fi a mobilními daty atd.,
- **optimalizace pro různé typy sítí** – aplikace by měla být optimalizována pro různé typy sítí, jako jsou 2G–5G/Wi-Fi,
- **šetření energií** – aplikace by měla být navržena tak, aby minimalizovala spotřebu energie zařízení, na němž je provozována.

Možnost použití sítě GSM-R/FRMCS – aktuální stav

Jak je uvedeno v kap. 3.2.7, v EU probíhá vývoj jednotného evropského systému řízení železniční dopravy ERTMS, jehož součástí je mobilní síť GSM-R a její následovník FRMCS. Na základě jejich vlastností – bezpečnost, spolehlivost a integrace se stávající infrastrukturou – autorka Šmídová et al. (2023) provedla úvahu, zda by bylo možné je využít pro vybrané mobilní aplikace. V článku došla k závěru, že situace v oblasti pokrytí a kvality veřejných mobilních sítí v EU je velmi dobrá, ale s ohledem na současný stav sítě GSM-R nebylo její použití doporučeno.

Pro účely disertační práce provedla tedy analýzu aktuálního stavu sítě FRMCS ke konci roku 2024. Podle Hercíka (2024) se tato síť stále nachází ve fázi testování, které probíhá například v Německu ve specializované laboratoři Deutsche Bahn Living Lab a na 25 km dlouhé zkušební trati mezi městy Annaberg-Buchholz a Schwarzenberg. Podobné projekty, i když ne vždy v tak komplexní podobě jako v Německu, probíhají také ve Francii (France Rail Lab podporovaný společností SNCF), v Pobaltí (Rail Baltica Lab) a ve Velké Británii (National Rail Lab).

V České republice dokončila Správa železnic (SŽ, 2024) podle své tiskové zprávy studii proveditelnosti pro implementaci komunikační sítě 5G/FRMCS na trase Brno–Bratislava. Cílem studie je zlepšit kvalitu hlasových a datových služeb pro cestující a umožnit komunikaci na úrovni 5G mezi manažery infrastruktury a dopravci. Studie navrhuje umístění 19 základnových stanic, z toho 10 mezi Brnem a hranicemi SR a 9 v Bratislavě, což má zajistit úplné pokrytí koridoru. Podle

Hercíka (2024) se má FRMCS stát standardem pro evropskou železniční komunikaci do roku 2030.

V současné době tedy není možné pro uvažovanou skupinu aplikací použít sítě GSM-R ani FRMCS. Využití konkrétní mobilní sítě bude tedy záviset na uživateli, protože provozní aplikace jsou často vázány na smlouvy dopravců s mobilními operátory.

3.2.6 Typy mobilních zařízení

Mobilní aplikace pro provozní řízení dopravy jsou často provozovány na služebních zařízeních, která bývají pořizována „na míru“ požadovaným účelům (typ zobrazovaných dat – tabulky, pořizování informací, fyzické zpracování zařízení apod.). Z toho vyplývá, že už ve fázi navrhování mobilní aplikace jsou často známy parametry mobilních zařízení, na kterých bude provozována, nebo dokonce vývojářská firma spolupracuje se zákazníky na výběru vhodných zařízení.

Proto je vhodné do analýzy v disertační práci zařadit i typy mobilních zařízení.

Ze široké skupiny mobilních zařízení (mobilní telefony, notebooky, netbooky, smartbooky, PDA, tablety, nositelná elektronika atd.) budou dále uvažovány pro účely této práce smartphony a tablety – ostatní zařízení neposkytují pro provoz mobilních aplikací ve vybrané skupině dostatečné podmínky a parametry.

Tablet a smartphone jsou v některých ohledech podobná zařízení. Pro provoz zkoumaných mobilních aplikací je ale nutné vzít v úvahu následující odlišnosti.

Smartphone je menší a kompaktnější než tablet, tzn. má menší obrazovku, ale je snadněji přenositelný. Výdrž baterie má obvykle nižší než tablet.

Tablet je objemnější než telefon, je výhodný pro funkce, které vyžadují větší displej, jako je zobrazení složitějších grafů, tabulek, map atd.

Tato problematika bude tedy také zařazena do disertační práce v podobě doporučení vhodných mobilních zařízení pro provoz aplikací pro provozní řízení dopravy.

3.2.7 Standardy EU v řešené oblasti

V mnoha oblastech v EU existuje snaha o zavedení standardů, a právě železniční doprava je v tomto ohledu z důvodu zlepšení efektivity a konkurenceschopnosti v popředí zájmu. Jak je vidět z provedené analýzy současného stavu mobilních aplikací, i zde je trend již poskytovat výstupy v jednotném formátu, respektujícím TAF/TAP TSI. Proto autorka pro účely disertační práce provedla zhodnocení současného stavu nařízení EU v oblasti dopravy se zaměřením na železniční dopravu a telematické aplikace, na jehož základě bude možné v disertační práci dále analyzovat vhodnost zařazení této oblasti do metodiky.

Od 80. let 20. století do současnosti probíhá vývoj ERTMS. EU vydala množství doporučení, směrnic, nařízení atd. v různých formách specifikace a dopadu na členské země. Jejich implementace je dále sledována a zveřejňována v reportech. Zvláště přesné specifikace existují

pro telematické aplikace, podrobně je specifikována síť GSM-R a pracuje se na specifikaci FRMCS. Tato budoucí změna je pečlivě sledována a projednávána ve studiích, protože významně ovlivní železniční dopravu v zemích EU.

Hlavním orgánem pro železnice v EU je v současné době ERA (Evropská agentura pro železnice). Jejím cílem je přispívat k dalšímu rozvoji a efektivnímu fungování jednotného evropského železničního prostoru. Rozvíjí vysokou úroveň bezpečnosti a interoperability železnic a zároveň zlepšuje konkurenční postavení železničního odvětví. ERA působí jako evropská autorita v rámci čtvrtého železničního balíčku, která vydává povolení pro vozidla, jednotná osvědčení o bezpečnosti a předběžná povolení pro traťový systém ERTMS (European Union, 2019).

Jedním z nástrojů ERA pro zajištění interoperability je vydávání technických specifikací pro interoperabilitu TSI. TSI poskytují členským státům EU technické odborné znalosti a postupy pro navrhování a provádění reforem. Jak je popsáno v dokumentaci EU, tyto TSI definují technické a provozní normy, které musí každý subsystém splňovat. Pro tuto studii jsou relevantní články z oblasti:

- **TSI Telematické aplikace pro osobní dopravu** – dle dokumentace EU (European Union, 2011) se týká subsystému telematických aplikací pro osobní dopravu, včetně systémů poskytujících informace cestujícím před cestou a během ní, rezervačních a platebních systémů, správy zavazadel a řízení spojení mezi vlaky a s jinými druhy dopravy,
- **TSI Telematické aplikace pro nákladní dopravu** – dle dokumentace EU (European Union, 2014) se týká subsystému telematických aplikací pro nákladní dopravu, včetně IS (sledování nákladu a vlaků v reálném čase), rozřazovacích a přidělovacích systémů, rezervačních, platebních a fakturačních systémů, řízení spojení s jinými druhy dopravy a vytváření elektronických průvodních dokladů.

Zprávy o vlacích

V mobilních aplikacích v řešené oblasti často dochází k přenosu dat o vlacích. Pro zajištění interoperability v rámci EU jsou tyto zprávy standardizovány podle specifikací uvedených v TAF/TAP TSI. ERA spravuje katalog zpráv (TAF and TAP RU/IM Joint Sector Group, 2024), který obsahuje přesná XSD schémata přenášených dat. Dodržování těchto schémat je nezbytné pro zajištění kompatibility a interoperability mezi různými systémy (např. IS PRIS (ČD Cargo) předává do aplikace COMPOST (SŽ) zprávu Složení vlaku (Train Composition Message)). Aby si aplikace mohly vyměňovat zprávy v souladu s těmito standardy, musí projít procesem ověření shody, jehož výsledkem je report o shodě – Compliance Report. Tento oficiální dokument vydaný ERA potvrzuje, že daná aplikace nebo systém splňuje požadavky stanovené v TAF/TAP TSI a může bezpečně a efektivně komunikovat s ostatními systémy v evropském železničním prostoru.

Rozhraní Common Interface

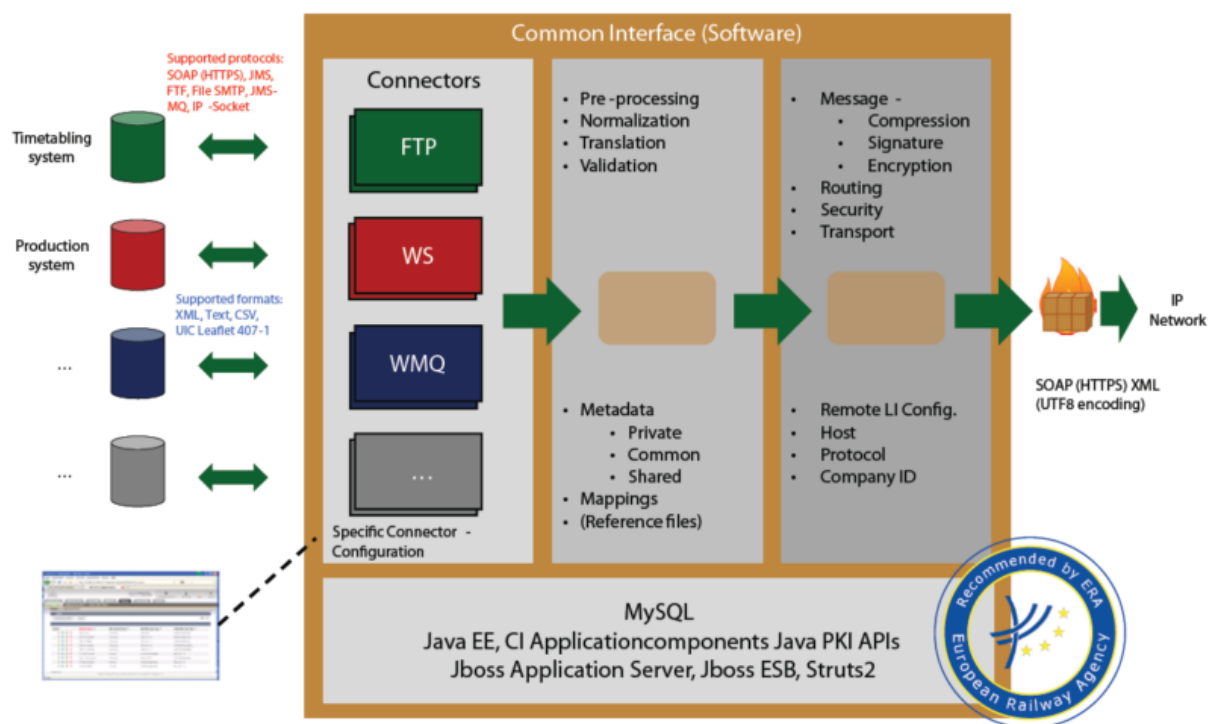
CI (Common Interface) je podle specifikací RailNetEurope (2024) standardizované rozhraní vyvinuté pro zajištění interoperabilní výměny zpráv mezi informačními systémy v železniční

dopravě v rámci EU. Jeho hlavním cílem je sjednotit a usnadnit komunikaci v rámci jednotného železničního prostoru v EU mezi různými železničními podniky a správci infrastruktury.

Klíčové vlastnosti Common Interface:

- **standardizovaná výměna zpráv** – umožňuje výměnu zpráv v souladu s technickými specifikacemi pro interoperabilitu pro telematické aplikace v nákladní a osobní dopravě (TAF/TAP TSI),
- **flexibilní implementace** – aplikace CI může být instalována lokálně v datových centrech zákazníků a podporuje různé operační systémy, včetně různých verzí Microsoft Windows a Linuxu,
- **podpora různých zpráv** – kromě standardních zpráv podle TAF/TAP TSI může CI zpracovávat i zákaznický specifické zprávy, pokud splňují požadovanou strukturu,
- **otevřený software** – vývoj CI je založen na open-source softwaru, což zajišťuje maximální kompatibilitu s existujícími i budoucími systémy a chrání investice do stávajících systémů.

Na obr. 2 je znázorněna funkční struktura CI:



Zdroj: RailNetEurope, 2024

Obr. 2 Schéma rozhraní Common Interface

Je také možné použití jiného rozhraní, pokud alternativní řešení plně odpovídá požadavkům stanoveným v TAF/TAP TSI, včetně formátu zpráv, protokolů a dalších technických specifikací, a zajišťuje schopnost interoperabilně komunikovat s ostatními subjekty v železničním sektoru bez jakýchkoli omezení nebo nutnosti dalších úprav. Takové rozhraní musí získat osvědčení o shodě od ERA, aby bylo zajištěno splnění všech legislativních a technických požadavků.

Příkladem je rozhraní ESB (Enterprise Serial Bus), používané v referenční firmě ČD-IS, které získalo toto osvědčení od ERA, což potvrzuje jeho plnou shodu s požadavky TAF/TAP TSI a schopnost interoperabilní komunikace s ostatními subjekty v železničním sektoru. Dalším řešením je komunikační modul K-Modul firmy OLTIS, popsany asociací ACRI (2024), které propojuje interní systémy dopravců se systémy manažerů infrastruktury a zajišťuje komunikaci ve standardu TAF/TAP-TSI. Je také kompatibilní pro komunikaci s CI a certifikován ERA.

3.2.8 GNSS

Z provedené rešerše vyplývá, že mobilní aplikace pro železniční dopravce ve velké většině GNSS systémy používají. V mobilní aplikaci sice nemůže být přímo určeno, jaký GNSS systém bude použit, to je věcí mobilního zařízení, na kterém je aplikace provozována, ale jak bylo zmíněno v kap. 3.2.6., mobilní zařízení se v tomto prostředí většinou pořizují uživatelům pro služební účely. Lze tedy provést doporučení, jaké parametry by mobilní zařízení v možnosti používání GNSS systémů měla splňovat. Proto v této odborné práci bude provedeno základní shrnutí současného stavu GNSS systémů a v disertační práci dále zkoumány jejich možnosti v kontextu stanoveného cíle.

Vývojář při implementaci geolokačních funkcí v aplikaci přistupuje ke třídám systému, ve kterých nastavuje různé parametry a vlastnosti (např. rychlost a přesnost měření polohy) se zajištěním příslušných oprávnění. Potřeba přesnosti informací o poloze se v různých aplikacích liší. Některé aplikace je nepotřebují používat vůbec (např. aplikace spravující personální data), některým postačí omezené stanovení polohy (např. aplikace pro pořizování dat o vlacích) a některé vyžadují velmi přesné určení polohy (např. stanovení polohy vlaku pro zajištění bezpečnosti provozu). Podle této potřeby je tedy vhodné zvolit i mobilní zařízení a tím i kvalitu přijímače GNSS, kterým může firma svoje zaměstnance vybavit.

Data mohou být v reálném čase přenášena do centrálního systému a tam dále zpracovávána např. pro řízení železniční dopravy, plánování trasy vlaku a optimalizování provozu, sledování polohy vlaku atd.

Kromě použití GNSS přijímače lze částečně zjistit polohu telefonu i jinými způsoby – např. prostřednictvím signálu v mobilní síti, Wi-Fi nebo technologií Bluetooth, tyto metody ale nejsou kvalitativně srovnatelné s použitím GNSS systémů.

Zanda (2022) a Timbrook (2021) popsali současné celosvětově používané systémy a provedli jejich srovnání:

- **GPS** (Spojené státy) – nejpoužívanější satelitní navigační systém na světě, sestává z 32 satelitů na šesti oběžných drahách, které obíhají zemi dvakrát denně a přesnost měření bývá uváděna cca 5 m pod otevřeným nebem,
- **Galileo** (EU) – využívá 30 družic (z toho šest náhradních) v šesti orbitálních rovinách, které jsou ve vyšší pozici než družice GPS a GLONASS a za 24 hodin oběhnou zemi přibližně 1,7krát; přesnost Galilea se uvádí cca 1 m,

- **GLONASS** (Rusko) – má 24 družic ve třech orbitálních rovinách a co do umístění družic a přesnosti měření je uváděna podobná funkčnost jako u GPS,
- **BeiDou** (Čína) – využívá 29 družic a dosahuje přesnosti do 4 m.

Výkonnost GNSS mohou zlepšit regionální systémy družicového rozšíření (SBAS), které zlepšují přesnost a spolehlivost informací tím, že opravují chyby měření signálu a poskytují informace o integritě jeho signálů. Je to například EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service), WAAS (Wide Area Augmentation System) v Americe, GAGAN (GPS Aided GEO Augmented Navigation) v Indii a družicový rozšiřující systém MTSAT v Japonsku.

Přesnost měření je silně závislá na aktuální poloze přijímače, resp. překážek v příjmu signálu z družic – budovy, stromy, terénní podmínky, podnebí, poloha vůči satelitu apod. Uváděné přesnosti měření jednotlivých GNSS se také hodně liší podle podmínek, za jakých byla měření prováděna.

Kvalita získaných údajů závisí zásadně také na kvalitě přijímače na mobilním zařízení (Zangenehnejad, et al. 2021). Dabove et al. (2020) experimentálně prokázal, že s kvalitní čipovou sadou GNSS na mobilním zařízení lze dosáhnout výrazně lepších výsledků také v závislosti na zvolené požadované přesnosti a správnosti.

Kvalitní mobilní zařízení disponují přijímačem pro zpracování dat z několika GNSS systémů současně. To je samozřejmě velmi výhodné, přesnost získaných dat je významně zvýšena. Pokud je zařízení touto možností vybaveno, lze na něm nastavit, zda a jaký GNSS systém chce uživatel používat. Existují i mobilní aplikace, kde může uživatel sledovat dostupné GNSS systémy a jejich výkon – např. aplikace GPSTest. Tak lze poměrně jednoduše zjistit stav dostupnosti GNSS systémů v závislosti na aktuální poloze a čase uživatele a technickém stavu jeho mobilního zařízení.

3.2.9 Shrnutí současného stavu technologií

Z výše uvedeného přehledu technologií vyplývá, že pro všechny klíčové parametry vývoje mobilních aplikací existují jak open-source a bezplatné, tak komerční placené alternativy nástrojů a technologií. Tyto dva typy přístupu mají odlišné výhody a nevýhody, které významně ovlivňují jejich využitelnost. Open-source technologie poskytují transparentnost a flexibilitu, protože jejich kód je veřejně dostupný a může být upraven podle potřeb vývojářů. Tento přístup je často volen pro jeho nízké náklady, vyžaduje většinou vyšší technickou odbornost a interní zdroje pro správu a implementaci. Komerční technologie nabízejí profesionální technickou podporu, vyšší míru automatizace a integraci s firemními systémy. Díky tomu mohou zjednodušit proces vývoje aplikací, ale vyžadují vyšší náklady. Tato zjištění ukazují, že volba mezi těmito dvěma přístupy bude záviset na konkrétních potřebách a možnostech projektu a v některých případech může být výhodné oba přístupy kombinovat.

3.3 Aktuální stav agilního vývoje

Vzhledem k tomu, že součástí navrhované metodiky bude integrace agilního přístupu k vývoji softwaru, je v této kapitole provedeno shrnutí jeho současného stavu. Vychází z analýzy relevantních vědeckých studií a publikací a z odborných poznatků a osvědčených postupů získaných od expertů z praxe.

Agilní vývoj softwaru, jak jej definoval Kent (2010) v tzv. Agilním manifestu, z něž vycházejí všechny navazující metodiky, je iterativní a inkrementální přístup založený na spolupráci samoorganizujících se týmů. Klíčové hodnoty, jako spolupráce, flexibilita a adaptivní plánování, podporují evoluční vývoj a rychlé dodávky. Důraz na iterace s průběžným testováním umožňuje pružně reagovat na změny a zajišťuje průběžnou kvalitu produktu oproti lineárním modelům, jako je vodopád.

Jak shrnuli v rešerši současného stavu agilního vývoje Ibeh et. al (2024), existují tyto hlavní metody:

Scrum: Zaměřuje se na řízení projektů prostřednictvím sprintů (1 až 4 týdny) s rolemi jako Scrum Master, Product Owner a vývojový tým. Klade důraz na pravidelné schůzky (stand-up, retrospektivy) a neustálé zlepšování.

Kanban: Vizualizuje pracovní proces pomocí tabulí a omezuje počet úkolů v jednotlivých fázích (WIP), čímž zvyšuje efektivitu a umožňuje flexibilitu.

Extreme Programming: Zdůrazňuje kvalitu kódu pomocí párového programování, test-driven development a častých dodávek softwaru, ideální pro technicky náročné projekty.

Lean Software Development: Minimalizuje plýtvání, optimalizuje procesy a zapojuje zákazníky do vývoje, čímž zajišťuje efektivitu a kvalitu softwaru.

Feature-Driven Development: Zaměřuje se na návrh a implementaci konkrétních funkcionalit s pravidelnou dodávkou softwaru podle obchodních priorit.

Jak shrnul Hinderks et al. (2022), nejrozšířenějšími metodikami v oblasti IT a softwarového vývoje jsou dnes zejména Scrum a Kanban. Scrum poskytuje strukturu a pravidelnost, Kanban nabízí vizuální přehled a optimalizaci toku práce. Díky tomu jsou obě metodiky široce přijímány nejen ve vývoji softwaru, ale postupně se prosazují i v dalších odvětvích.

Velmi návodně a prakticky popsala zavedení agilních metod v řízení projektů Šochová et al. (2024). Její práci autorka použije v návrhu řešení disertační práce jako odborný podklad pro návrh implementace agilního způsobu vývoje mobilních aplikací.

3.4 Efektivní využívání lidských zdrojů

V této podkapitole je shrnut současný stav poznání o efektivním využívání lidských zdrojů v oblasti softwarového vývoje. Tato analýza je provedena pro získání podkladů pro část navrhované metodiky, týkající se optimalizace velikosti a složení vývojového týmu.

Součástí navrhované metodiky je i optimalizace velikosti a složení vývojového týmu, proto je prozkoumáno efektivní využívání lidských zdrojů. To je zásadní pro úspěch projektů, zejména v oblasti vývoje softwaru, kde přímo ovlivňuje produktivitu, náklady a kvalitu výsledného produktu. V této kapitole autorka poskytuje přehled současného stavu poznání o využití lidských zdrojů se zaměřením na softwarový vývoj.

Studie Almadhouna et al. (2019) prokázala, že menší, dobře koordinované týmy vykazují vyšší produktivitu a flexibilitu díky snazší komunikaci a nižším nákladům na koordinaci. V rámci agilního přístupu k projektovému řízení doporučuje udržovat velikost týmů mezi 3 a 9 členy, což podporuje rychlejší adaptaci na změny a efektivnější rozhodovací procesy. Kasalová (2023) zdůrazňuje, že pro dosažení vysoké produktivity a úspěchu organizace je nezbytné tým správně sestavit a efektivně koordinovat. Správné rozdělení rolí a dovedností mezi členy týmu podporuje efektivitu a kvalitu práce, což celkově vede k vyšší produktivitě a dosažení vysoké úrovně výsledků.

Článek ETECHBLOG (2023) uvádí, že je efektivní složit vývojový tým z výše uvedeného specialistů (vývojáři, testeři, bezpečnostní experti, analytici apod.). Menší týmy mohou mít omezené interakce a nižší potenciál růstu produktivity, zatímco větší týmy mohou čelit problémům v oblasti řízení a komunikace.

Vzhledem k rostoucímu trendu práce z domova je efektivní komunikace zásadní pro udržení produktivity a spolupráce v týmech. Klíčovým faktorem je zavedení jasných pravidel komunikace, která zajistí hladký a efektivní průběh spolupráce. Podle Whitcroft (2023) jsou k tomuto účelu ideální moderní komunikační nástroje, které podporují rychlou a kvalitní výměnu informací, čímž výrazně přispívají k efektivitě týmové práce. Na trhu dostupná široká škála platform a programů, které umožňují efektivní komunikaci a koordinaci týmových aktivit.

Na základě těchto zjištění lze konstatovat, že správná velikost a specializace vývojových týmů hraje zásadní roli pro efektivní dosahování projektových cílů. Optimalizace lidských zdrojů a vhodná týmová struktura nejen zvyšují produktivitu a flexibilitu, ale také přispívají k dlouhodobému úspěchu softwarových projektů v dynamickém prostředí vývoje. V některých případech může být zredukování počtu členů vývojového týmu efektivním krokem, zejména pokud je cílem snížit náklady, zjednodušit koordinaci a zvýšit produktivitu lepší komunikací a rychlejšími rozhodováními. Menší, dobře koordinované týmy bývají přizpůsobivější a snadněji řízené, což podporuje agilní přístup k vývoji, kde je důležitá flexibilita a schopnost rychle reagovat na změny. V projektech s vyššími nároky na technické znalosti je naopak vhodné tým rozšířit o specialisty. Najmutí odborníků může zajistit vyšší kvalitu výstupu a pokrýt specializované oblasti. Volba optimalizace vývojového týmu by měla odrážet konkrétní potřeby projektu

a požadovanou odbornost. Pro zabezpečení efektivní komunikace v týmu je výhodné používat nástroje, které zabezpečují efektivní komunikaci a koordinaci týmových aktivit.

3.5 Současný stav procesu vývoje v referenční společnosti

Součástí této práce je analýza procesu návrhu a vývoje mobilních aplikací v konkrétní firmě, která slouží jako referenční případ pro formulaci a následnou validaci metodiky. Výstupem této analýzy je model systému, který abstrahuje klíčové aspekty procesu návrhu a vývoje aplikací a slouží jako výchozí bod pro další výzkum. Přestože analýza probíhá v konkrétním podniku, metodologie práce je navržena tak, aby se nezaměřovala na specifika dané organizace, ale na obecně platné procesní vzorce, které lze aplikovat i v jiných firmách s podobným zaměřením.

V současné době probíhá ve firmě vývoj mobilních aplikací jako variabilní a dynamický proces, který se operativně přizpůsobuje specifickým požadavkům a potřebám zákazníků a zároveň aktuálním možnostem vývojářské firmy. Tento přístup umožňuje značnou flexibilitu a schopnost reagovat na aktuální situaci. Existuje však prostor pro další zefektivnění. Přestože se vývoj úspěšně přizpůsobuje individuálním projektům, metodický a systematický přístup by mohl procesy dále zlepšit. S využitím standardizovaných a metodických postupů a řešení by bylo možné dosáhnout vyšší efektivity procesu a přinést vyšší přidanou hodnotu pro zákazníka i pro vývojářskou firmu.

Následující verbální popis přibližuje, jak tento systém aktuálně funguje.

Vývoj mobilních aplikací v dané firmě je zaměřen na uspokojení potřeb a požadavků zákazníků, kteří zahrnují jak objednatele (např. podniky nebo organizace), tak koncové uživatele, pro které jsou aplikace určeny.

Zákazník v roli objednatele definuje a zastřešuje požadavky a očekávání na aplikaci. Tyto požadavky zahrnují jak nefunkční aspekty, jako je očekávaná cena, rychlost vývoje či požadovaná integrace s dalšími informačními systémy, tak i funkční požadavky, například specifické funkce aplikace nebo vhodné uživatelské rozhraní. V rámci funkčních požadavků hrají klíčovou roli koncoví uživatelé, tedy zaměstnanci zákazníka, kteří budou aplikaci používat v praxi. Tito uživatelé mohou funkční požadavky zpřesnit a poskytovat vývojářům cennou zpětnou vazbu.

Současně je „zákazníkem“ procesu i samotná vývojářská firma, která musí zajistit, že proces přináší nejen uspokojení zákazníků, ale také vlastní zisk.

Realizaci vývoje zajišťuje vývojový tým, který zahrnuje různé role – projektový manažer, analytik, UI/UX designer, programátor, tester a bezpečnostní expert. Složení týmu se přizpůsobuje velikosti a nárokům projektu. Tým využívá aktuálně dostupné technologické nástroje.

Cílem procesu je přeměna vstupů ve formě požadavků a potřeb zákazníka na hotovou mobilní aplikaci, která by měla splňovat potřeby zákazníka a zároveň přinášet vývojářské firmě zisk. Tato transformace probíhá v několika fázích. Nejprve je proveden sběr a analýza požadavků od zákazníka a zmíněných externích faktorů. Tato analýza musí být provedena pečlivě, protože

skutečné potřeby zákazníka se často nemusí přesně shodovat s jeho počátečními požadavky. Požadavky zákazníka bývají zaměřeny na různé priority – cena či rychlost vývoje, vysoké zabezpečení atd. Upravené a zpřesněné požadavky na aplikaci jsou následně znovu ověřeny se zákazníkem. V této fázi často dochází k nutnosti několika iterací, než se podaří dosáhnout konečného souhlasu obou stran. Na základě těchto vstupů je aplikace navržena tak, aby zahrnovala všechny potřebné funkčnosti, odpovídající uživatelské rozhraní, zabezpečení a způsob distribuce k uživatelům. Tento proces zahrnuje i výběr technologií, které budou použity k dosažení stanovených cílů. Volba technologií závisí na více faktorech, zejména na prioritách a zaměření projektu a zkušenostech vývojového týmu s konkrétními technologiemi. Aplikace je poté naprogramována podle vytvořeného návrhu včetně integrace s navazujícími API a dalšími IS. Následuje fáze testování, která se také přizpůsobuje specifickým prioritám projektu a vývojového týmu. Po ověření požadovaného stavu aplikace se zákazníkem je aplikace nasazena do ostrého provozu a distribuována ke koncovým uživatelům. K aplikaci je zákazníkovi předávána dokumentace v předem domluveném rozsahu (např. provozní, systémová, uživatelská atd.). Distribuce je také prováděna různými způsoby v závislosti na aktuální situaci.

Na proces vývoje je pohlíženo s cílem uspokojit zákazníka tím, že dodá aplikaci, která odpovídá jeho požadavkům a potřebám a zároveň musí být ekonomicky udržitelný pro vývojářskou firmu.

Vlastníkem procesu je vývojářská firma, která řídí celý projekt a zajišťuje, že aplikace nejen splňuje požadavky zákazníků, ale také generuje zisk. Firma je zodpovědná za efektivní využití zdrojů a správu celého procesu vývoje, od sběru požadavků až po distribuci hotové aplikace.

Na vývoj aplikace mají vliv i externí faktory, jako je regulační prostředí, které nastavuje právní a normativní rámce, dále technické prostředí, které zahrnuje návazné informační systémy, mobilní zařízení, na kterém má být aplikace provozována atd. Tyto faktory kladou na aplikaci specifické požadavky, které musí být zohledněny během vývoje.

Vzhledem k tomu, že v následující části práce bude systémová analýza sloužit jako klíčový nástroj pro návrh řešení, bude tato vědecká metoda aplikována také na prvotní identifikaci systému v jeho současném stavu.

Na základě tohoto verbálního popisu současného stavu bude pro potřeby další analýzy vytvořen model systému.

3.5.1 Identifikace systému

Procesy, ve kterých hrají klíčovou roli lidské interakce, komunikace, subjektivní preference a hodnoty, jsou klasifikovány jako měkké systémy. Technické aspekty, jako je zajištění bezpečnosti dat či interakce mezi aplikací a návaznými informačními systémy, lze označit za tvrdé systémy, protože je možné je modelovat a měřit pomocí exaktních metod a nástrojů. Vzhledem k tomu, že v procesu vývoje mobilních aplikací se tyto dva typy struktur vyskytují ve značné míře, je při syntéze systému výhodné využít kombinaci obou přístupů.

K identifikaci systému je tedy použita relevantní část metodiky SSM (Soft systems methodology) – Checklandova metodika podle popisu Checklanda (1999). Detailní vysvětlení použití je uvedeno v kap. 5. Při aplikaci metodiky autorka postupovala při identifikaci systému od obecného ke konkrétnímu, což umožňuje přechod od základního vymezení systému (vyslovení jeho kořenové definice) k identifikaci dílčích subsystémů.

Aplikace Checklandovy metodiky

Poznávací fáze

P1 Stanovení základního hlediska

Optimalizace procesu vývoje mobilních aplikací s cílem vytvořit produkt, který naplní potřeby a očekávání zákazníka, a současně zajistí vývojářské firmě dosažení zisku a dalších strategických výhod.

P2 Popis struktury

- produkt = mobilní aplikace
- vstupy:
 - požadavky zákazníka:
 - požadavky obchodní, provozní atd. – nefunkční
 - požadavky koncových uživatelů – funkční
 - požadavky regulačního prostředí
 - požadavky od návazných IS
 - požadavky od API
 - požadavky od externích zdrojů dat pro senzory
 - požadavky od mobilního zařízení

P3 Popis procesů

Vstupní procesy:

- sběr požadavků od dotčených prvků,
- analýza a upřesnění požadavků se zákazníkem/koncovým uživatelem.

Vnitřní procesy:

- výběr technologií na základě požadavků a priorit,
- analýza a návrh aplikace,
- vývoj aplikace,
- testování,
- komunikace uvnitř systému.

Výstupní procesy:

- distribuce hotové aplikace.

Modelová fáze

M1 CATWOE Analýza

Kořenová definice:

Customers:

- mobilní aplikace.

Actors:

- vývojářský tým,
- zákazníci – objednatelé a koncoví uživatelé (zde ve smyslu součásti procesu analýzy prvotních požadavků – ty se ještě po rozboru s analytikem mění a jsou nalezeny finální potřeby).

Transformation process:

Proces přeměny požadavků a potřeb zákazníků a okolních prvků do funkční mobilní aplikace.

Weltanschauung:

Vyvíjet mobilní aplikace tak, aby byly naplněny potřeby a očekávání zákazníka a zároveň bylo dosaženo přínosů pro vývojářskou firmu (zisk a jiné strategické výhody).

Owners:

- vývojářská firma zohledňující požadavky klienta objedávajícího vývoj aplikace.

Environmental constraints:

- regulační prostředí,
- návazné IS,
- API,
- externí API,
- zdroje dat pro senzory mobilního zařízení,
- technologie,
- ekonomické a časové omezení.

M2 Konceptuální model – dekompozice

Při vytváření konceptuálního modelu byly určeny jednotlivé aktivity nezbytné k realizaci transformace, jak je popsáno v základní definici. Autorka v souladu se SSM zvolila aktivity, které chronologicky navazují během procesu vývoje aplikace. Tento přístup zahrnuje dekompozici hlavní aktivity na konkrétní dílčí úkoly, přičemž každý z těchto úkolů je realizován samostatným podsystémem.

Na základě těchto definovaných dílčích aktivit byla provedena dekompozice na podsystémy:

- **sběr a analýza požadavků** – sebrání požadavků od zákazníka (objednatel i koncového uživatele) a ostatních prvků, jejich analýza, identifikace potřeb zákazníka, zpětné ověření se zákazníkem,
- **návrh aplikace** – návrh procesu vývoje aplikace
 - vlastní aplikace – UI, funkčnosti, zabezpečení atd.,
 - testování
 - distribuce ke koncovým uživatelům
 - ověření a potvrzení se zákazníkem – objednatelem
- **vývoj aplikace** – vývoj vlastní aplikace podle návrhu
- **testování aplikace včetně UAT** – interní a UAT testování podle návrhu, UAT provádí a potvrzuje zákazník
- **nasazení aplikace** – nasazení do produkčního prostředí a distribuce ke koncovým uživatelům

M3 Kořenové definice podsystémů dílčích aktivit

Po provedené identifikaci systému metodou CATWOE a dekompozici na subsystemy je zřejmější struktura systému. Na základě této analýzy lze určit prvky systému a jeho podstatného okolí a podle jejich povahy stanovit, zda vykazují převažující vlastnosti měkkého či tvrdého systému. Jak uvedl Checkland (1999), „tvrdé“ prvky vykazující stabilní a predikovatelné a změřitelné chování a „měkké“ prvky se vyznačují proměnlivostí, interakcí s uživateli nebo vyžadují adaptabilní přístupy. Jinak řečeno, tvrdé prvky jsou obvykle technologické, hmatatelné a snadno měřitelné, zatímco měkké prvky zahrnují lidské faktory, sociální interakce a komplexní vztahy, které často nelze jednoznačně kvantifikovat. Dle této metodiky autorka rozdělila prvky do dvou uvedených skupin, v seznamu označeno písmeny „M“, resp. „T“:

System:

1. Mobilní aplikace – T
 - UI
 - Business logika
 - Datová vrstva
 - Networking
 - Zabezpečení
2. Vývojářský tým – M
 - projektový manažer
 - analytik
 - UI/UX designer
 - bezpečnostní architekt
 - programátor
 - tester

- DevOps

3. Technologické nástroje – T

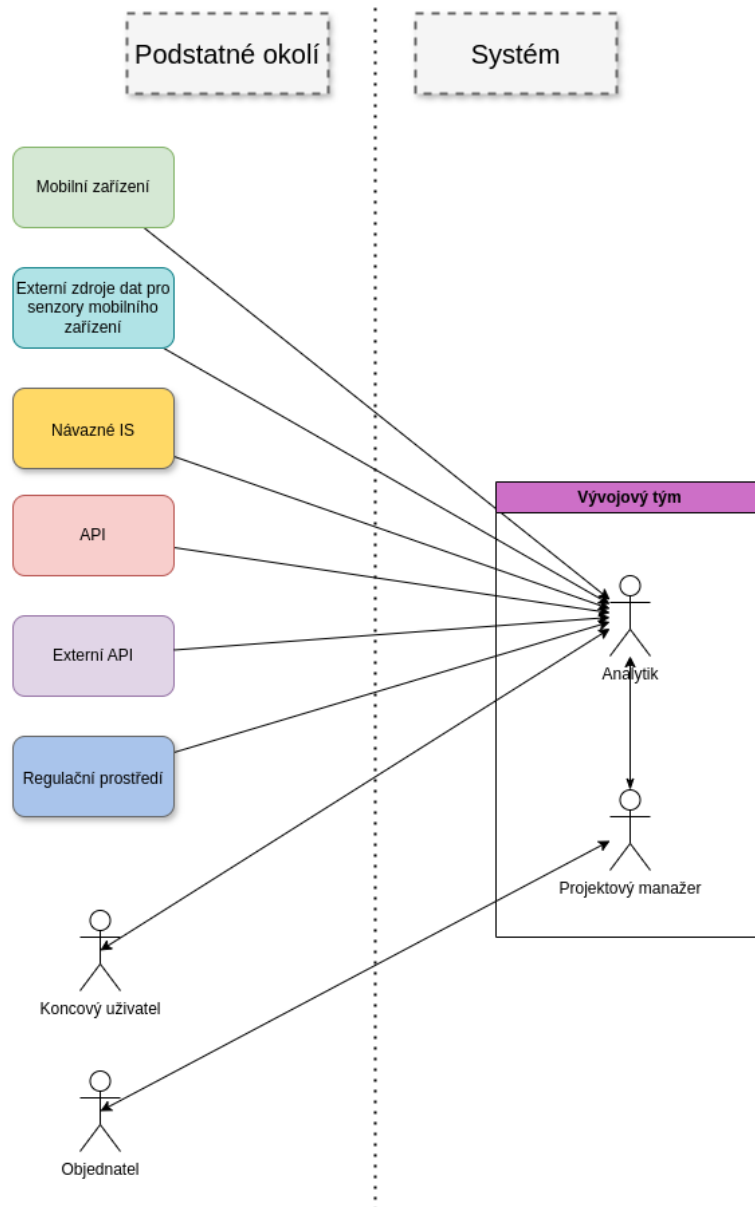
- nástroje pro komunikaci a řízení projektu
- nástroje pro analýzu
- nástroje pro návrh UI/UX
- nástroje pro vývoj
- nástroje pro testování
- nástroje pro analytiku a monitoring
- nástroje pro deployment a distribuci

Podstatné okolí:

- I. Zákazník – objednatel – M
- II. Zákazník – koncový uživatel – M
- III. Návazné IS – T
 - IS – uživatelé
 - IS – data pro aplikaci
 - apod.
- IV. Externí API – T
- V. Regulační prostředí – M
 - regulace EU
 - bezpečnostní požadavky
 - apod.
- VI. Externí zdroje dat pro senzory mobilního zařízení – T
- VII. API – T
 - vlastní API
 - integrační platforma – CI, ESB apod.
- VIII. Mobilní zařízení – T

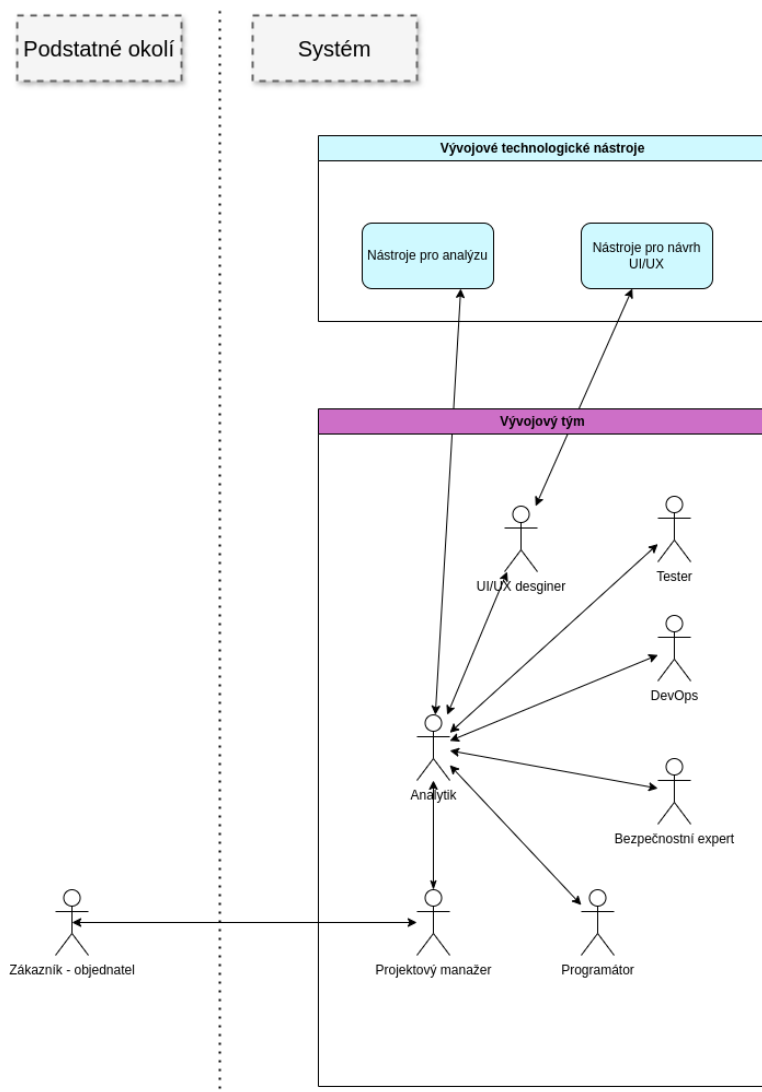
V rámci jednotlivých subsystémů jsou prvky a vazby mezi nimi ve stávajícím stavu uspořádány takto:

- sběr analýza a specifikace požadavků – obr. 3,
- návrh aplikace – obr. 4,
- vývoj aplikace – obr. 5,
- testování – obr. 6,
- nasazení – obr. 7.



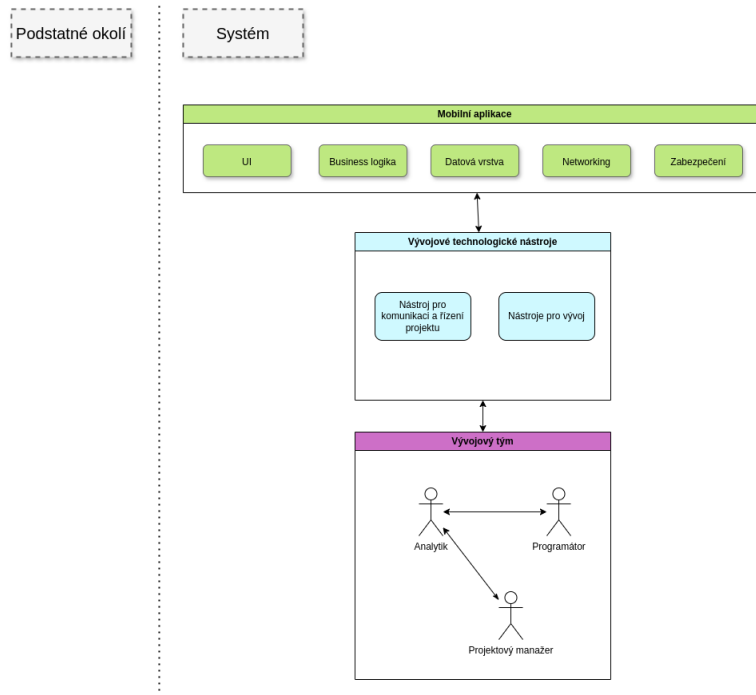
Zdroj: Autorka

Obr. 3 Subsystém Sběr, analýza a specifikace požadavků



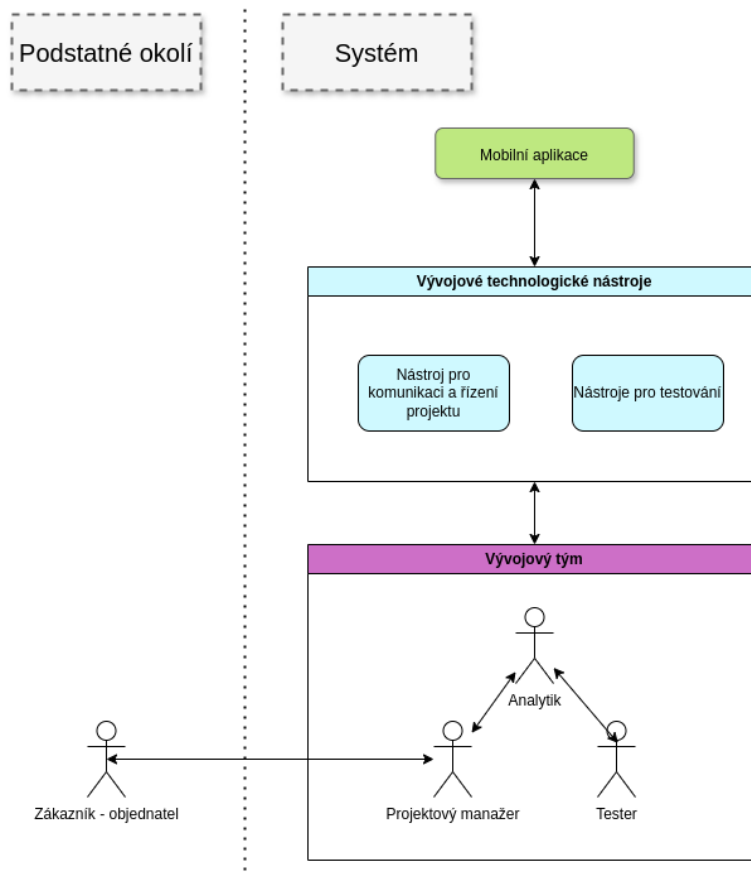
Zdroj: Autorka

Obr. 4 Subsystem Návrh aplikace



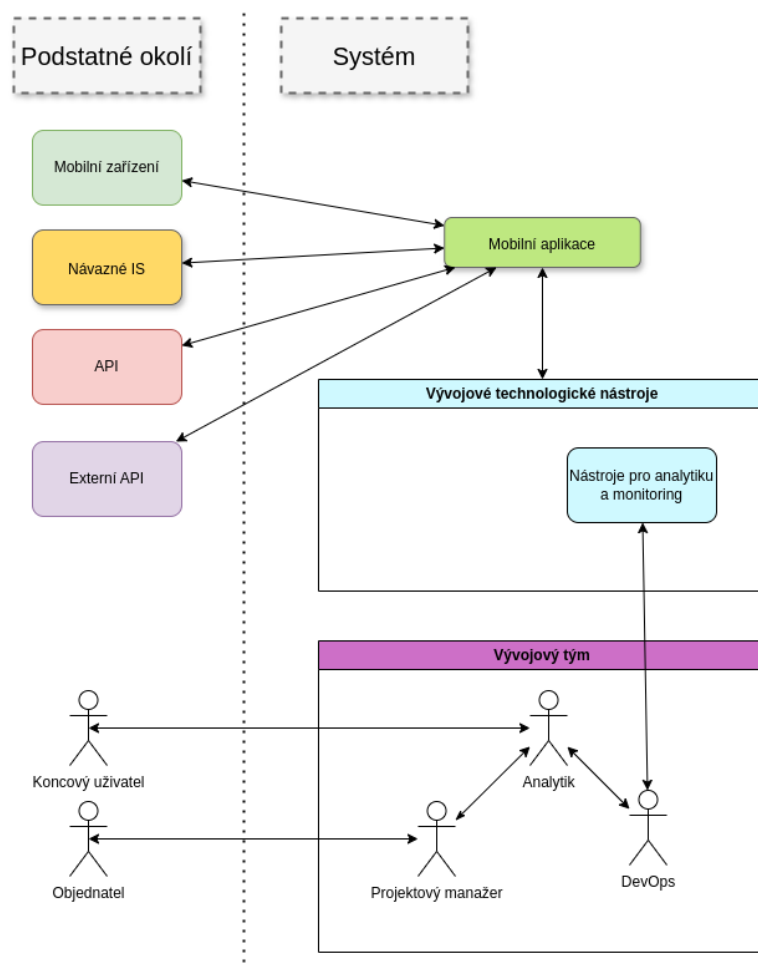
Zdroj: Autorka

Obr. 5 Subsystém Vývoj aplikace



Zdroj: Autorka

Obr. 6 Subsystém Testování



Zdroj: Autorka

Obr. 7 Subsystem Nasazení

Subsystem Sběr, analýza a specifikace požadavků

Kořenová definice – CATWOE:

- **Customer:** požadavky a potřeby zákazníka, relevantních subjektů (návazné IS, regulační okolní atd.) a vývojářské firmy,
- **Actors:**
 - členové vývojového týmu zodpovědní za komunikaci se zákazníkem, vedení projektu, sběr a analýzu požadavků,
 - zákazník (objednatel + koncový uživatel),
- **Transformation:** přeměna prvotních požadavků a potřeb na specifikované podklady pro vytvoření návrhu celého procesu vývoje (včetně použitých technologií, funkčností aplikace a UI, distribuce aplikace atd.),
- **Weltanschauung:** definovat požadavky na vývoj podle priority konkrétního projektu (cena, rychlost, flexibilita apod.),
- **Owner:** člen vývojového týmu zodpovědný za vytvoření souboru požadavků na vývoj, objednatel, objednatel, koncový uživatel,

- **Environmental constraints:** dostupné technologie a nástroje pro sběr a analýzu požadavků, regulační požadavky, návazné IS, API, externí API, externí zdroje dat pro senzory mobilního zařízení, vlastnosti mobilního zařízení, na němž bude aplikace provozována, rozpočtové limity.

Subsystem Návrh aplikace

Kořenová definice – CATWOE:

- **Customer:** specifikované podklady pro vytvoření návrhu procesu vývoje,
- **Actors:** členové vývojového týmu, kteří tvoří návrh,
- **Transformation:** přeměna podkladů v komplexní návrh vývoje – popis UI, frontendových i backendových funkcí aplikace (ve formě zadání pro programátora), komunikace na rozhraní s návaznými IS, distribuce finální aplikace atd.,
- **Weltanschauung:** navrhnout efektivní proces vývoje podle priority konkrétního projektu (cena, rychlost, flexibilita apod.),
- **Owner:** člen vývojového týmu zodpovědný za vytvoření návrhu, objednatel,
- **Environmental constraints:** dostupné technologie pro vytvoření návrhu, rozpočtové limity.

Subsystem Vývoj aplikace

Kořenová definice – CATWOE:

- **Customer:** návrh aplikace,
- **Actors:** programátor,
- **Transformation:** převedení návrhu aplikace do požadované mobilní aplikace,
- **Weltanschauung:** naprogramovat mobilní aplikaci dle provedeného návrhu se zaměřením na prioritu konkrétního projektu (cena, rychlost, flexibilita apod.),
- **Owner:** programátor,
- **Environmental constraints:** vývojové prostředí, nástroje a technologie.

Subsystem Testování

Kořenová definice – CATWOE:

- **Customer:** hotová aplikace,
- **Actors:** tester, zákazník – objednatel,
- **Transformation:** přeměna hotové aplikace v produkt, připravený k nasazení,
- **Weltanschauung:** testování hotové aplikace se zaměřením na prioritu konkrétního projektu (cena, rychlost, flexibilita apod.),
- **Owner:** tester,
- **Environmental constraints:** testovací prostředí, nástroje a technologie.

Subsystém Nasazení

Kořenová definice – CATWOE:

- **Customer:** zákazníkem schválená aplikace
- **Actors:** členové vývojového týmu, kteří zajišťují nasazení a distribuci
- **Transformation:** uvést hotovou aplikaci do provozu a distribuovat ji ke koncovým uživatelům
- **Weltanschauung:** nasazení a distribuce aplikace podle návrhu se zaměřením na prioritu konkrétního projektu (cena, rychlost, flexibilita apod.)
- **Owner:** člen vývojového týmu zodpovědný za nasazení a distribuci
- **Environmental constraints:** produkční prostředí, infrastruktura

V každém procesu vývoje se nacházejí slabá místa, která mohou vést ke snížení efektivity celého procesu vývoje aplikace. U každého projektu jsou tato slabá místa specifická, podle odborných studií však existují obecná doporučení, na která je možné se zaměřit. Analýzou rizik při vývoji software se zabýval Furgal (2023) a ve své studii identifikoval tyto hlavní skupiny technických rizik:

- technická rizika:
 - neúplné nebo nepřesné požadavky,
 - nepředvídané technické složitosti,
 - problémy s integrací se systémy třetích stran,
 - nedostatečné testování a zajištění kvality,
 - výběr neefektivních technologií apod.,
- bezpečnostní rizika:
 - nezabezpečené postupy kódování,
 - nedostatečné kontroly přístupu,
 - zranitelnosti v knihovnách třetích stran,
 - nedostatečná opatření pro zabezpečení dat,
- rizika škálovatelnosti:
 - nedostatečná kapacita infrastruktury,
 - neefektivní algoritmy nebo datové struktury,
 - nedostatečné testování škálovatelnosti,
 - špatně navržená architektura,
- rozpočtová rizika:
 - nerealistické odhady nákladů,
 - rozšíření rozsahu nebo změny požadavků,
 - nepředvídané výdaje, jako jsou licence třetích stran nebo modernizace hardwaru,
 - neefektivní využití zdrojů,
- smluvní a právní rizika:
 - nejasné nebo nejednoznačné smluvní podmínky,
 - nedodržení legislativního rámce v řešení oblasti,

- nedostatek řádné dokumentace a vedení záznamů,
- rizika při plánování a komunikaci:
 - nerealistické časové plány nebo milníky,
 - podcenění složitosti úkolů,
 - závislosti na zdrojích nebo konflikty,
 - nepředvídané události nebo zpoždění.

Zkušenosti autorky z praxe a výsledky dotazování odborníků na různých pracovních pozicích (projektoví manažeři, analytici, programátoři, testeři) potvrzují výskyt těchto skupin rizik. Tato pozorování potvrzují reálný dopad identifikovaných rizik a zdůrazňují význam jejich včasného řešení pro zajištění úspěchu projektů.

Na tato identifikovaná riziková místa se autorka zaměří při formulaci optimalizačních opatření pro proces vývoje v kap. 6.4.

3.5.2 Specifické potřeby aplikací a projektů v řešené oblasti

Z analýzy stávajícího stavu mobilních aplikací v dopravě vyplývá, že každá identifikovaná skupina aplikací má specifické potřeby a zaměření. Také v rámci řešené skupiny aplikací lze rozlišit několik hlavních směrů, které odpovídají specifikům jednotlivých projektů – tzn. konkrétním potřebám a možnostem zákazníků a vývojové firmy.

Na základě dotazování odborníků, vlastních praktických zkušeností a odborných článků – např. analýza MacQueenové (2022) – autorka identifikovala hlavní směry a priority projektů v řešené skupině aplikací, které reflektují jak požadavky zákazníků, tak cíle vývojářské firmy:

- **Varianta 1 – Nejnižší cena:** Zaměřuje se na dosažení co nejvyšší ekonomické efektivity projektu, tzn. na minimalizaci nákladů výsledného produktu i vlastního procesu vývoje.
- **Varianta 2 – Nejrychlejší vývoj:** Při vývoji požadované aplikace se specifickými požadavky dopravce klade důraz na co nejkratší vlastní proces vývoje aplikace a nejrychlejší předání aplikace zákazníkovi.
- **Varianta 3 – Nejvyšší kvalita:** Soustředí se na vytvoření aplikace s vysokou kvalitou specifických parametrů – uživatelským rozhraním pro pořizování provozních dat, optimalizovaného výkonu, vysoké stability atd.
- **Varianta 4 – Nejvyšší zabezpečení:** Cílí na specifickou ochranu aplikace, dat, souvisejících procesů a návazných IS před bezpečnostními hrozbami ve specifickém prostředí provozu železniční dopravy – např. předávání citlivých informací o vlacích, autorizace a autentizace zaměstnanců dopravce apod.
- **Varianta 5 – Flexibilita a škálovatelnost:** Zaměřuje se na navržení aplikace (včetně průběhu celého procesu vývoje) tak, aby bylo možné ji dále jednoduše rozšířit o další funkcionality a zároveň bylo možné řešení použít u dalších projektů.

Vývojový tým získává informace o prioritě daného projektu z několika zdrojů. Již při předání projektu od obchodního oddělení jsou poskytnuty základní informace, které vycházejí z prvotních jednání se zákazníkem. Tyto informace jsou často doplněny znalostmi z předchozích zkušeností se zákazníkem a specifiky jeho požadavků. Dále, před vlastním zahájením projektu, dochází k úvodnímu jednání zástupců vývojového týmu se zákazníkem, kde jsou priority upřesněny a slouží jako výchozí bod pro následující fáze.

3.5.3 Mobilní zařízení, na nichž jsou aplikace používané

Autorka provedla analýzu mobilních zařízení, na nichž jsou provozovány mobilní aplikace v řešené skupině vyvíjené danou firmou, u nichž bylo povoleno zveřejnění údajů. U analyzovaných zařízení byly uvedeny jejich klíčové parametry (viz kap. 3.2.6), aby bylo možné získat přehled o používaných typech zařízení.

MPRIS

Údaje o aplikaci:

- celkový počet uživatelů – 723,
- počet unikátních zařízení: s procentech vyšším než 1 % – 3.

Parametry zařízení jsou uvedeny v tab. 8.

Tab. 8 MPRIS – parametry používaných zařízení

Název	Počet uživatelů [%]	Úhlopříčka displeje [palce]	GNSS síť	OS	Duální SIM	Datové síť	Biometrické prvky
Qualcomm IP67 Rugged 8 Inch Tablet	79	8	GPS, GLONASS, BDS, Galileo	Android 10	Ano	5G, LTE, 3G, 2G	Čtečka otisků prstů
Samsung Galaxy A52s 5G	6	6,5	GPS, GLONASS, BDS, Galileo	Android 11	Ano	5G, LTE, 3G, 2G	Čtečka otisků prstů, rozpoznávání obličeje
Samsung Galaxy A52s 5G	6	6,5	GPS, GLONASS, BDS, Galileo	Android 11	Ano	5G, LTE, 3G, 2G	Čtečka otisků prstů, rozpoznávání obličeje

Zdroj: autorka

ETD

Údaje o aplikaci:

- celkový počet uživatelů – 4974,
- počet unikátních zařízení: s procentem vyšším než 1 % – 3.

Parametry zařízení jsou uvedeny v tab. 9.

Tab. 9 ETD – parametry používaných zařízení

Název	Počet uživatelů [%]	Úhlopříčka displeje [palce]	GNSS síť	OS	Duální SIM	Datové síť	Biometrické prvky
Lenovo Tab M10 TB-X606X FHD Plus 32GB LTE	68	10.3	GPS, GLONASS, BDS, Galileo	Android 10	Ano	4G/LTE, 3G	Čtečka otisků prstů
5G Samsung Galaxy A23 A236B 5G	17	6.6	GPS, GLONASS, BDS, Galileo	Android 10	Ano	5G, LTE (4G)	Čtečka otisků prstů
Samsung Galaxy A41 A415F	10	6.1	GPS, GLONASS, BDS, Galileo	Android 10	Ano	4G, LTE, 3G, 2G	Čtečka otisků prstů

Zdroj: autorka

Z provedené analýzy vyplývá, že aplikace mohou být provozovány jak na jednotných služebních zařízeních s homogenními parametry, tak na širokém spektru zařízení s různorodými technickými vlastnostmi. Při identifikaci požadavků zákazníka je proto nezbytné tyto nefunkční požadavky definovat a na jejich základě rozhodnout o vhodnosti zahrnutí doporučení týkajících se specifických vlastností zařízení. Tento postup je také nutný pro určení, zda je možné aplikaci plně přizpůsobit konkrétním zařízením z hlediska funkčnosti a vizuálního provedení, nebo zda bude nutné vyvinout univerzálnější řešení, které zajistí širší kompatibilitu.

3.6 Právní a technické požadavky

Vývoj mobilních aplikací je ovlivněn nejen technologickými inovacemi a vědeckými poznatky, ale také právními a normativními rámci, které definují požadavky na bezpečnost, použitelnost a v řešené oblasti aplikací také interoperabilitu v rámci EU. Tato kapitola přehledně shrnuje legislativní předpisy a technické normy a standardy v řešené oblasti.

Právní předpisy:

Při vývoji aplikací v řešené oblasti, které mají vysokou potřebu zabezpečení, pracují s uživatelskými daty a často používají služby třetích stran, jsou to zejména tyto právní předpisy:

- **Zákon o kybernetické bezpečnosti č 181/2014 Sb., ČR** – stanovuje požadavky na zabezpečení informačních a komunikačních systémů v kritické infrastruktuře, tzn. může platit i pro řešenou oblast konkrétní aplikace,
- **GDPR (General Data Protection Regulation)** – reguluje ochranu osobních údajů a ukládá povinnosti správcům a zpracovatelům dat, např. nutnost zabezpečení dat, transparentnost vůči uživatelům a právo na výmaz; platí v celé EU a EHP (Evropský hospodářský prostor) a pro ostatní firmy, pokud nabízejí služby nebo sledují chování občanů EU/EHP,

- **Obchodní podmínky služeb třetích stran** – definují pravidla pro využívání těchto služeb (distribuční platformy, mapové portály apod) – bezpečnostní standardy, ochranu uživatelů, přístupnost, způsob placení atd.,
- **Autorský zákon č 121/2000 Sb., ČR** – chrání duševní vlastnictví, jako je software, grafika nebo texty, které nejsou vyvinuty samotnou firmou, ale pocházejí od externích dodavatelů či jiných autorů.

Technické normy:

- **ISO/IEC 27001 – Informační bezpečnost** – mezinárodní norma zaměřená na správu informační bezpečnosti, doporučuje zavedení systémů řízení bezpečnosti dat,
- **ISO 9241-110 – Ergonomie interakce člověk – systém** – pokyny pro návrh uživatelských rozhraní s ohledem na použitelnost a přístupnost,
- **ISO/IEC 25010 – Systémové a softwarové inženýrství** – modely kvality softwaru a systémů, které definují klíčové charakteristiky a kritéria pro hodnocení jejich funkčnosti, spolehlivosti, bezpečnosti, použitelnosti a dalších aspektů kvality.
- **ISO/IEC 12207:2017 – Software Life Cycle Processes** – popisuje procesy životního cyklu softwaru od jeho návrhu přes vývoj a testování až po údržbu a pomáhá standardizovat celý proces vývoje softwaru, včetně mobilních aplikací; ačkoliv nebyla od roku 2017 aktualizována, její principy zůstávají relevantní, zejména při kombinaci s moderními metodami jako např. agilní přístup k vývoji apod.,
- **EN 50126/50128/50129 – Normy pro železniční aplikace** – specifické evropské normy pro bezpečnost a spolehlivost softwaru a systémů v železniční dopravě,
- **TSI** – evropské standardy pro interoperabilitu železničních systémů, které mohou ovlivnit požadavky na aplikace propojené s evropskými systémy.

Obecné technologické standardy:

UI/UX (Uživatelské rozhraní a zkušenost):

- **ergonomie a přístupnost** – standardy jako **ISO 9241** definující principy ergonomického návrhu rozhraní zajišťují intuitivní ovládání a snadnou použitelnost,
- **standardy grafického designu** – doporučení zaměřená na konzistentní použití barev, fontů a rozvržení, často definovaná platformami (např. Material Design pro Android, Human Interface Guidelines pro iOS).

Zabezpečení:

- **OWASP MASVS** – průmyslový standard pro bezpečnost mobilních aplikací, zahrnující autentizaci, kryptografii a ochranu dat,
- **ISO/IEC 27001 a 27701** – standardy pro řízení bezpečnosti informací a ochranu osobních údajů, které jsou klíčové při zpracování citlivých dat,
- **3GPP TS 33.501** – bezpečnostní architektura pro mobilní síť 5G, důležitá pro zabezpečení datové komunikace,
- **NIST SP 800-115** – technický průvodce testováním a posuzováním bezpečnosti informací.

Datová komunikace:

- **standards pro API** – otevřené standardy jako REST nebo GraphQL pro zajištění efektivní komunikace mezi aplikací a servery,
- **protokoly** – TLS/SSL pro zabezpečenou komunikaci, MQTT a AMQP pro přenos zpráv v real-time aplikacích.

Platformově specifické standardy:

- **Android** – standardy doporučené společností Google, jako je Material Design, pravidla pro API (např. verze SDK), a bezpečnostní pokyny,
- **iOS** – pokyny od Apple, včetně Human Interface Guidelines a pravidel pro App Store.

Standardy a frameworky pro vývoj:

- **React Native, Flutter, Xamarin** – každý z těchto nástrojů má své specifické standardy pro strukturu projektů, použití komponent a ladění.

Formáty dat:

Zajišťují, že data mohou být efektivně přenášena, ukládána a interpretována napříč různými systémy a technologiemi. Výběr konkrétního formátu závisí na povaze dat, jejich využití a technologickém prostředí. V řešené oblasti jsou často používány tyto formáty dat a jejich technické standardy:

- **JSON** (JavaScript Object Notation) – lehký a čitelný formát pro přenos dat, široce používaný pro komunikaci mezi aplikacemi a serverem, např. při výměně informací o jízdách řádech nebo stavu železniční dopravy,
- **XML** (Extensible Markup Language) – univerzální značkovací jazyk, často využívaný v odvětvích s komplexními strukturami dat, jako jsou specifikace dopravních řetězců nebo výměna dat mezi různými systémy řízení dopravy,
- **CSV** (Comma-Separated Values) – jednoduchý formát pro ukládání a přenos tabulkových dat, vhodný například pro import/export jízdých řádů, seznamů zastávek či dat z měření.

Standardy pro odolnost zařízení:

- **IP kód (Ingress Protection Code)** – standard dle normy IEC 60529 definuje odolnost zařízení vůči vniknutí prachu a vody. Může být důležitý v případě potřeby stanovení mobilního zařízení pro provoz v náročných podmínkách.

V závislosti na použitých technologiích mohou vývoj aplikace ovlivnit další příslušné specifické technické standardy.

Použití tohoto základního rámce v procesu vývoje mobilních aplikací v řešení oblasti zajišťuje:

- **právní shodu** – umožňuje ověřit, že navržené aplikace splňují legislativní požadavky – jak obecné, tak i specifické pro konkrétní projekt,

- **technickou kompatibilitu** – zahrnutí technických standardů zajišťuje, že aplikace bude kompatibilní s návaznými systémy,
- **optimalizaci procesu vývoje** – technické normy a standardy mohou sloužit jako nástroj pro standardizaci a zjednodušení vývojového procesu,
- **důvěryhodnost a bezpečnost** – dodržování standardů zvyšuje kvalitu a bezpečnost aplikací, což je v řešené oblasti nezbytné.

3.7 Shrnutí současného stavu vědeckého poznání

Z provedené rešerše současného stavu vědeckého poznání v oblasti vývoje mobilních aplikací a technologií pro jejich navrhování a vývoj lze vyvodit tyto závěry:

- Pro efektivnost a použitelnost mobilních aplikací je zásadní se při procesu vývoje aplikace zaměřit na tyto oblasti: uživatelská zkušenost (zejména uživatelské rozhraní a možnost používání připojení k datové síti), použité technologie pro vývoj, zabezpečení, kvalita vlastní implementace, kvalita testování, správa životního cyklu (instalace, aktualizace, distribuce k uživatelům). Řešená skupina aplikací má navíc specifické požadavky na mobilní zařízení, včetně GNSS přijímače, a na datové a komunikační standardy, které by měly být splněny.
- Z přehledu aktuálního stavu technologií vyplývá, že pro všechny identifikované klíčové parametry pro vývoj mobilních aplikací v řešené oblasti jsou dostupné jak open-source a bezplatné, tak komerční placené alternativy. Open-source nástroje nabízejí flexibilitu a nízké náklady, ale vyžadují vyšší odborné znalosti a správu. Komerční technologie poskytují profesionální podporu, automatizaci a integraci, avšak za vyšší cenu. Výběr konkrétních technologií je nutné provést na základě priorit daného projektu.
- Agilní přístup ve vývoji softwaru, založený na iterativním postupu a adaptivním plánování, podporuje průběžné přizpůsobování požadavkům a rychlou dodávku kvalitních produktů. Na rozdíl od lineárních metod s pevnou strukturou klade větší důraz na spolupráci a průběžné zlepšování. Analýza potvrdila jeho vhodnost pro navrhovanou metodiku vývoje mobilních aplikací v řešené oblasti.
- Provedená analýza ukázala, že efektivní využívání lidských zdrojů je klíčové pro úspěch softwarových projektů, jelikož přímo ovlivňuje produktivitu, náklady a kvalitu. Menší, dobře koordinované týmy (3–9 členů) vykazují vyšší efektivitu díky snadnější komunikaci a nižším nákladům na koordinaci, což je ideální pro agilní přístupy. Pro projekty s vyššími technickými nároky je však vhodné tým rozšířit o specialisty. Optimální složení a struktura týmu by měly odpovídat specifickým potřebám projektu.
- Vývoj mobilních aplikací v dané firmě je flexibilní a přizpůsobuje se požadavkům zákazníků i možnostem firmy, avšak stále existuje prostor pro zlepšení. Zavedení systematických a standardizovaných postupů by mohlo výrazně zvýšit efektivitu a přidanou hodnotu pro zákazníky i firmu. Na základě analýzy procesu vývoje byl pomocí metodiky SSM vytvořen model systému, který bude v disertační práci dále optimalizován. Navrhovaná optimalizační opatření budou záviset na prioritě konkrétního projektu. V řešené skupině aplikací mohou

být prioritami v projektu nejnižší cena, nejrychlejší vývoj, nejvyšší kvalita, nejvyšší zabezpečení nebo flexibilita a škálovatelnost.

- Kvalitu výsledné aplikace může významně zvýšit její cílené zaměření na konkrétní technologickou platformu, kde bude provozována. V řešené skupině aplikací se tento přístup vyskytuje poměrně často, protože aplikace bývají provozovány na jednotných služebních zařízeních.
- Vývoj mobilních aplikací v řešené oblasti je podmíněn legislativními předpisy, technickými normami a technologickými standardy, které zajišťují bezpečnost, právní shodu, kompatibilitu a efektivitu. Klíčové jsou zákon o kybernetické bezpečnosti, GDPR, ISO normy a technologické standardy jako OWASP MASVS. Tyto rámce podporují kvalitní zabezpečení, datovou komunikaci, návrh uživatelského rozhraní a optimalizují vývojový proces.

Z uvedených závěrů vyplývá, že použití sjednoceného postupu pro vývoj v rámci jedné skupiny stejně zaměřených aplikací by vedlo ke zvýšení efektivity vývoje i používání aplikací. Výhodou pro vývojáře by bylo zjednodušení procesu vývoje a údržby aplikací díky používání standardů a postupů metodiky pro vývoj, což může vést k nižším nákladům, rychlejšímu vývoji nových funkcí a zjednodušení spolupráce mezi vývojářskými týmy různých mobilních aplikací. Uživatelé by pak mohli profitovat ze snadnějšího a intuitivního ovládní aplikace, jednoduššího využití dat od jiných dopravců i v mezinárodním měřítku apod. Tato optimalizace současného stavu může být provedena na modelu systému současného stavu, identifikovaného pomocí SSM metodiky.

Analyzovaná odborná literatura se zabývá dílčími tématy izolovaně – technologie pro vývoj mobilních aplikací, hodnocení potřeb uživatelů aplikací, jednotný formát vlakové dokumentace v EU, projektové řízení v oblasti vývoje apod. **Žádná z nalezených prací se nezabývá spojením těchto témat**, tzn. stanovení specifických potřeb dopravních mobilních aplikací pro interní potřeby dopravce pro provozní řízení železniční dopravy a nalezení nejvhodnějšího postupu jejich implementace, který by bylo možné dále jednotně používat.

4 Cíl disertační práce

Provedená analýza současného stavu v oblasti dopravních mobilních aplikací, především v železniční dopravě, prokázala existující rozlišnosti v přístupu k vývoji a správě mobilních aplikací v oblastech, kde by s výhodou mohl být uplatněn jednotný postup, a to i v rámci jedné firmy, zabývající se vývojem IS pro přední české dopravce (např. UI, použité technologie, distribuce apod.). Na základě této situace si autorka stanovila za cíl své disertační práce sjednotit postup navrhování mobilních aplikací pro železniční dopravce v rámci konkrétní firmy. Tento cíl bude dosažen návrhem systému, který odstraňuje potřebu opakovaného porovnávání různých metod a technologií při každém novém vývoji nebo úpravě aplikace. Vzhledem k zajištění maximální efektivity této metodiky bude další výzkum zaměřen na skupinu mobilních aplikací pro provozní řízení železniční dopravy popsanou v kap. 2.1.

Cílem disertační práce je vytvoření metodiky procesu návrhu a vývoje mobilních aplikací pro interní potřeby dopravců, které slouží jako mobilní podpora pro IS pro provozní řízení železniční dopravy.

Jedná se o aplikace pro zaměstnance konkrétního dopravce, nedostupné pro veřejnost.

Metodika je určena pro použití pro vývojové týmy analytiků a vývojářů při návrhu aplikací. Kromě úspory času a nákladů při hledání optimálního řešení bude její předpokládanou výhodou pro samotné uživatele zvýšení komfortu a efektivity při používání aplikace a z toho vyplývající vyšší produktivita práce.

Studovaná odborná literatura se věnuje jednotlivým aspektům samostatně – technologie pro vývoj mobilních aplikací, hodnocení potřeb uživatelů aplikací nebo standardizace vlakové dokumentace v rámci EU. Žádná z nalezených prací se však nezabývá integrací těchto témat do jednoho celku, tzn. identifikaci konkrétních požadavků na mobilní aplikace pro provozní řízení dopravy a nalezení optimálního postupu pro jejich implementaci, který by bylo možné jednotně aplikovat.

Pro dosažení hlavního cíle jsou stanoveny následující dílčí cíle:

- stanovení klíčových parametrů pro vývoj mobilních aplikací,
- stanovení specifických požadavků mobilních aplikací v řešené oblasti,
- souhrn technologií, které lze aplikovat pro konkrétní parametr s ohledem na identifikované požadavky, z nich výběr pomocí uvedených vědeckých metod,
- návrh a validace metodiky v referenční firmě, zabývající se vývojem IS včetně mobilních aplikací pro přední české dopravce.

5 Přehled použitých metod zpracování

Pro navržení optimální metodiky pro navrhování mobilních aplikací pro provozní řízení dopravy budou použity následně popsané vědecké metody.

Empirické metody

Empirické metody jsou využity při **analýze současného stavu, zejména procesu návrhu a vývoje aplikací v referenční firmě**, a v návrhové části práce **při ověření navržené metodiky**.

Konkrétně jsou aplikovány metody pozorování a dotazování.

Pozorování

Pozorování je široce uznávanou výzkumnou metodou, která hraje významnou roli v kvalitativním i kvantitativním výzkumu, jak uvádějí Foret a Megyesiová (2013). Má vždy selektivní charakter, přičemž výběr pozorovaného materiálu musí být pečlivě promyšlen s ohledem na stanovený cíl výzkumu, aby byla zajištěna jeho úplnost. Klíčové je, že pozorovatel a objekt pozorování zůstávají nezávislí a vzájemně se neovlivňují. Tato metoda je zde využita při sledování procesu navrhování a vývoje mobilních aplikací v referenční firmě i ve spolupracujících organizacích se stejným zaměřením.

Dotazování

Dotazování je osvědčenou metodou pro sběr informací prostřednictvím dialogu mezi výzkumníkem a respondentem, jak uvádí Kozel et al. (2006). Tato metoda umožňuje aktivní zapojení respondenta a tazateli dává prostor k průběžnému zpřesňování otázek, čímž se zvyšuje šance na získání relevantních dat. Mezi její výhody patří okamžitá zpětná vazba a možnost sledování reakcí dotazovaných. Podle Kotlera a Kellera (2013) lze dotazování provádět různými způsoby, od přesně strukturovaných dotazníků po flexibilní rozhovory, což umožňuje přizpůsobení přístupu podle potřeb výzkumu. V této práci se využívá při ověřování metodiky a analýze procesu vývoje mobilních aplikací v referenční firmě i v dalších spolupracujících organizacích.

Logické metody

Tyto metody budou využity **ke zpracování informací získaných v první části práce a následně aplikovány při návrhu řešení pro definování klíčových bodů metodiky**.

Logické metody jsou, jak uvedl Molnár (2012), souhrnem technik a postupů, které se opírají o principy logiky a logického myšlení.

Konkrétně budou použity dále uvedené párové metody.

Abstrakce a konkretizace

Abstrakce: V souladu s definicí abstrakce dle Molnára (2012) budou v procesu vývoje mobilních aplikací analyzovány podstatné charakteristiky tohoto procesu. Zkoumání bude zaměřeno na klíčové aspekty a vazby, které nejvíce ovlivňují efektivitu vývoje. Nepodstatné prvky budou v rámci modelování vynechány, aby se vytvořil přehledný model procesu vývoje obsahující pouze ty vlastnosti, jejichž analýza je nezbytná pro návrh úprav v souladu s cíli disertační práce.

Konkretizace: Dále, v procesu konkretizace, budou tyto obecné závěry a charakteristiky aplikovány na konkrétní prvky a situace v analyzovaném procesu. Podle Molnára (2012) je konkretizace procesem přenesení obecných charakteristik na konkrétní objekt. V tomto případě budou identifikovány konkrétní úpravy a optimalizační opatření, která vycházejí z analýzy obecného modelu a budou přizpůsobeny specifickým podmínkám konkrétního prostředí vývoje mobilních aplikací, jako je zavedení automatizace testování, standardizace kroků v každé fázi a přizpůsobení technologických postupů na základě požadavků projektu.

Použití abstrakce a konkretizace tak poskytne strukturovaný postup, jak z obecných charakteristik procesu vývoje mobilních aplikací odvodit praktická opatření zaměřená na efektivitu a zlepšení procesu ve specifickém vývojovém prostředí.

Analýza a syntéza

Analýza: V souladu s definicí analýzy podle Molnára (2012) bude tato metoda použita k rozložení celku metodiky navrhování aplikací na menší, specifické oblasti. Analýza zahrnuje rozčlenění jevu nebo objektu na jednotlivé části a prozkoumání jejich vlastností a vztahů, což umožní dosáhnout optimálního výsledku pro celou metodiku. Tímto způsobem autorka zaměří pozornost na klíčové aspekty procesu vývoje aplikací, jako jsou lidské elementy, používané procesy a technologie apod. Cílem je důkladně porozumět jednotlivým komponentům a jejich vzájemným interakcím, což povede k informovanějšímu rozhodování o možných optimalizacích a úpravách metodiky. Tato metoda byla použita v odborné práci pro stanovení klíčových parametrů při vývoji mobilní aplikace.

Syntéza: Na základě předchozí analýzy bude syntéza využita k opětovnému skládání těchto částí do celku a k popisu hlavních strukturálních zásad, které metodika navrhování aplikací bude obsahovat. Syntéza, jak uvádí Molnár (2012), je proces, který kombinuje jednotlivé části do většího celku a posuzuje, jak tyto části spolu souvisejí. Autorka tímto způsobem navrhne komplexní přístup k navrhování aplikací, který zahrnuje všechny relevantní parametry a jejich interakce, což umožní vytvořit koherentní a efektivní metodiku. Tento přístup zajistí, že výsledná metodika bude nejen teoreticky podložená, ale také prakticky použitelná v konkrétních podmínkách vývoje mobilních aplikací.

Systémová analýza

Soft systems methodology a Checklandova metodika

Autorka se rozhodla přistoupit k problému komplexně a řešit jej prostřednictvím metodologie systémové analýzy dle definice Dudorkina (1995). Tato metoda je využita k identifikaci systému současného stavu vývoje mobilních aplikací a k syntéze typů systému v návrhové části práce. Behavioristická definice systému, která byla zvolena, umožňuje popsat systém na základě jeho chování a interakcí v prostředí. Jelikož systém vykazuje charakteristiky měkkého i tvrdého systému, byly pro jeho identifikaci využity prvky SSM, které jsou vhodné pro syntézu systémů lidských aktivit spojených s technickými prvky.

Jak uvádí Checkland (1999), SSM se přizpůsobuje komplexním a proměnlivým situacím v reálném světě, jelikož není založena na pevně dané posloupnosti kroků, ale na souboru principů, které umožňují flexibilně reagovat na jedinečné situace lidských aktivit, kde se události nikdy neopakují zcela stejným způsobem. Kompletní SSM, která se vyvíjí již od svého vzniku v 70. a 80. letech, v současnosti obsahuje sedm kroků. Pro účely disertační práce byla použita její relevantní část, odpovídající řešené problematice. Do procesu návrhu a vývoje již vstupují podklady se stanoveným základním hlediskem z předchozích procesů (marketing a obchodní strategie firmy). Proto není nutné vytvářet Rich Picture k analýze základních hledisek systému. Jsou tedy provedeny fáze relevantní pro tuto práci – poznávací, modelová a implementační část.

Autorka při implementaci metodiky využila Checklandovu metodiku, jak je definována ve studijní opoře Bulíčka (2020), včetně praktických návodů k jejímu použití.

Metoda vícekritériálního rozhodování – metoda váženého součtu

Tato práce využívá metodu WSA (Weight Sum Approach) **pro stanovení vhodnosti optimalizačních opatření v identifikovaných systémech pro vývoj mobilních aplikací**. WSA umožňuje porovnání alternativ na základě více kritérií a jak uvádí Fishburn (1967), spočívá v přiřazení vah jednotlivým kritériím podle jejich významnosti a následném výpočtu součtu vážených hodnot pro každou alternativu. Výsledkem je jedna číselná hodnota, která umožňuje jednoduché srovnání a výběr optimální varianty. WSA patří mezi kompenzační metody, což znamená, že horší hodnota jednoho kritéria může být vyvážena lepší hodnotou jiného. Podle Triantaphyllou (2000) je metoda matematicky jednoduchá a snadno interpretovatelná, což přispívá k její široké využitelnosti. Jak uvádí Kampf (2009), metoda je založena na konstrukci lineární funkce užitku na stupnici od 0 do 1 – nejhorší opatření podle daného kritéria bude mít užitek nula, nejlepší opatření užitek jedna a ostatní opatření budou škálována mezi těmito hodnotami.

Metoda váženého součtu (WSA) byla zvolena pro tuto práci z důvodu její jednoduchosti, nízké výpočetní náročnosti a snadné interpretace výsledků. Vzhledem k tomu, že metoda WSA je použita pro porovnání vhodnosti implementace optimalizačních opatření v několika typech systému vývoje mobilních aplikací na základě předem stanovených kritérií, je WSA dostatečně přesná a zároveň flexibilní. Na rozdíl od metod jako AHP či TOPSIS umožňuje WSA snadnou úpravu vah

kritérií bez nutnosti rekonstrukce celého modelu. Složitější metody by mohly přinést vyšší přesnost, ale za cenu nižší transparentnosti a vyšších nároků na vstupní data.

Metoda polostrukturovaného rozhovoru

Tato metoda je použita v návrhové části práce pro **optimalizaci sběru požadavků od uživatelů na aplikaci**.

Polostrukturovaný rozhovor je kvalitativní výzkumnou metodou, která kombinuje prvky strukturovaného a nestrukturovaného rozhovoru. Jak uvádí Reichel (2009), otázky nejsou pevně stanovené ani přesně seřazené, ale zároveň zpovídaný nemá úplnou volnost odpovídat na libovolná témata. Tazatel pracuje s rámcem otázek, který umožňuje flexibilní reakce a rozvíjení nových oblastí. Mannan (2020) zdůrazňuje význam odborné znalosti prostředí pro správnou interpretaci odpovědí a kladení doplňujících otázek, přičemž je nutné předem definovat jasné informační cíle. Hendl (2023) doporučuje sestavit návod s klíčovými tématy a otevřenými otázkami pro komplexní odpovědi, zatímco George (2022) zdůrazňuje systematickou přípravu a strukturovaný postup vedení rozhovoru.

Analýza rizik

Tato vědecká metoda je použita v návrhové části aplikace pro návrh **identifikace slabých míst v konkrétním projektu**.

Pro analýzu rizik existuje několik metod, lišících se svou sofistikovaností a časovou náročností. Studie Mocka et al. (2021) a odborné články Andalese (2024) a GeeksForGeeks (2024) nabízejí přehled rozšířených metod analýzy rizik a hodnotí jejich přínosy a vhodnost použití v různých typech projektů. Na základě těchto studií pro účel rychlé identifikace specifických rizik v dané fázi procesu autorka vybrala rychlou, jednoduchou a efektivní metodu použití **matice rizik**, jejíž základní použití popsal Basu (2017) a aktuální poznatky shrnul Lengyel (2023). Inspirovala se přehledným návodem vytvoření matice, který sestavila Sienkiewicz (2022).

6 Návrh řešení

V této kapitole bude v návaznosti na zjištění v předcházející části disertační práce proveden návrh metodiky pro vývoj mobilních aplikací v řešené oblasti řízení provozu železniční dopravy.

Bude navržen komplexní systémový přístup k procesu vývoje, který umožní lepší a rychlejší přizpůsobení procesu variabilním prioritám jednotlivých projektů, jak byly identifikovány ve shrnutí současného stavu vývojového procesu (kap. 3.5). Pro různé typy priorit budou vypracovány specifické typy systému, optimalizované pro efektivní řízení vývoje již od zahájení projektu. Návrh zahrne optimalizaci sběru požadavků od uživatelů, identifikaci kritických bodů projektu a zavedení optimalizačních opatření pro fáze vývoje, testování a distribuce aplikace k uživateli.

Návrh představuje nejen optimalizaci stávajícího systému, ale zahrnuje také obecné přístupy vhodné pro implementaci v nově vznikajících firmách. Tyto firmy by díky jeho využití mohly eliminovat potřebu experimentování s různými postupy, což by vedlo k významné úspoře času i nákladů spojených s procesem zavádění a adaptace.

6.1 Stanovení specifických požadavků mobilních aplikací pro provozní řízení železniční dopravy

V kap. 2.7 autorka identifikovala specifické vlastnosti a potřeby mobilních aplikací v řešené oblasti – viz tab. 1. Tyto vlastnosti a potřeby aplikovala autorka na identifikované klíčové parametry pro navrhování mobilních aplikací (kap. 3.1) a doplnila o požadavky, vyplývající z právního a technického normativního rámce, shrnuté v kap. 3.6. V tab. 10 je uveden přehled těchto oblastí.

Tab. 10 Specifické požadavky mobilních aplikací v řešené oblasti

<i>Obecný klíčový parametr</i>	<i>Aplikace parametru pro řešenou oblast</i>	<i>Odpovídající normativy</i>
zabezpečení	vysoká úroveň zabezpečení správy uživatelů – autorizace, autentizace, ochrana osobních dat	GDPR, Zákon o kybernetické bezpečnosti, ISO/IEC 27001, OWASP MASVS
	zabezpečení přenosu citlivých dat z/do návazných IS	OWASP MASVS, platformově specifické standardy (např. TLS/SSL, 3GPP TS 33.501
	vlastní zabezpečení aplikace včetně distribuce a aktualizace	GDPR, OWASP MASVS, ISO/IEC 27001
uživatelské rozhraní	funkční zaměření na specifické pracovní úkoly	ISO 9241-110, platformově specifické standardy (např. Material Design, Human Interface Guidelines)
	zobrazování textů, tabulek, zadávání dat	
distribuce	zaměření na jednu skupinu uživatelů	Obchodní podmínky služeb třetích stran, platformově specifické standardy (např. App Store, Google Play pravidla)
	automatické aktualizace	Obchodní podmínky služeb třetích stran, OWASP MASVS
operační systém	nutná analýza požadovaných OS a jejich verzí	Platformově specifické standardy (např. Android/iOS), EN 50126
připojení mobilního zařízení k datové síti	optimalizace připojení v aplikaci	Platformově specifické standardy (např. 3GPP TS 33.501, MQTT, AMQP)
	ošetření off-line režimu a synchronizace dat	
typy mobilních zařízení, které lze pro provoz těchto specifických aplikací doporučit	používání na jednotných služebních zařízeních	standard IP
	analýza nároků na zařízení (displej, výkon, výdrž baterie atd.)	
standardy EU	jednotné rozhraní	TSI, EN 50126/50128/50129
	formát předávaných zpráv	TSI, EN 50126/50128/50129, specifické datové standardy
globální družicové polohovací systémy GNSS	potřeba spolehlivého zjišťování polohy	specifické GNSS normy

Zdroj: autorka

Na tyto oblasti je nezbytné se detailně zaměřit v celém procesu vývoje aplikace. Již na počátku projektu je nutné ve spolupráci se zákazníkem a dalšími zainteresovanými subjekty přesně definovat požadavky konkrétní aplikace, a na základě identifikovaných potřeb a priorit projektu následně optimalizovat celý proces vývoje, což bude provedeno v následujících kapitolách.

6.2 Optimalizace sběru požadavků na aplikaci

Na začátku procesu vývoje mobilní aplikace je zásadní nejprve definovat její účel a záměr. Jak bylo uvedeno ve shrnutí současného stavu procesu vývoje mobilních aplikací, potřeby zákazníka se často liší od jeho přání a požadavků. Z tohoto důvodu je ve fázi sběru požadavků nezbytné identifikovat skutečné potřeby, neboť jejich správná identifikace má klíčový vliv na úspěch dalších fází vývoje aplikace a její konečnou užitečnost pro zákazníka. Tato analýza se v současnosti provádí variabilně, v závislosti na aktuální situaci (typ projektu, složení vývojového týmu, komunikační dovednosti obou stran atd.). Součástí této disertační práce je také návrh, jak tento proces zefektivnit a urychlit.

Pacheco et al. (2018) shrnuli formou literární rešerše současné efektivní metody pro získání uživatelských požadavků:

- **rozhovory** – individuální či skupinové diskuze s uživateli pro zjištění jejich názorů a potřeb,
- **workshopy** – společné definování požadavků různými zainteresovanými stranami,
- **prototypování** – tvorba částečných verzí aplikace pro získání zpětné vazby,
- **scénáře a případy užití** – popis interakcí uživatelů s aplikací v reálných situacích,
- **etnografické pozorování** – pozorování uživatelů v jejich přirozeném prostředí,
- **uživatelské příběhy** – stručné popisy funkcí z pohledu uživatele,
- **modelování** – vizuální reprezentace procesů a požadavků pro jejich analýzu.

V této literární rešerši je doporučeno používat rozhovory jako primární techniku, kterou lze pro větší efektivitu doplnit dalšími metodami. Pro řešené prostředí železniční dopravy autorka v první fázi sběru požadavků navrhla využití **polostrukturovaných rozhovorů**. V další fázi, tedy při návrhu aplikace, může být tato metoda doplněna prototypováním. Tato technika, spočívající ve vytváření jednoduchých nebo částečných verzí aplikace pro testování a zpětnou vazbu od uživatelů, je zároveň jednou z klíčových metod agilního vývoje.

Polostrukturovaný rozhovor je metodou kvalitativního výzkumu, která se nachází mezi nestrukturovaným a strukturovaným rozhovorem. Jak uvádí Reichel (2009), na rozdíl od striktně strukturovaných rozhovorů nejsou otázky pevně stanovené ani přesně seřazené, ale zároveň zpovídaný nemá úplnou volnost odpovídat na jakékoli téma. Tazatel má připravený rámec otázek nebo témat jako vodítko, přičemž může flexibilně reagovat na odpovědi a rozvíjet nové oblasti.

Mannan (2020) ve své rešerši identifikoval doporučení pro vedení polostrukturovaných rozhovorů, která jsou relevantní i pro řešenou oblast disertační práce. Tazatel by měl mít odbornou znalost prostředí, pro které je aplikace určena, aby mohl odpovědi dotazovaných správně interpretovat a klást doplňující otázky. Před rozhovorem je nutné sestavit seznam informací, které je třeba zjistit, přičemž každá položka by měla obsahovat jednu jasnou myšlenku.

Podle Hendla (2023) by měl tazatel připravit návod obsahující klíčová témata a otázky s otevřeným koncem, které umožňují komplexní odpovědi. Uzavřené otázky jsou méně vhodné.

George (2022) zdůrazňuje důkladnou přípravu návodu a jasný postup vedení rozhovoru, což zajišťuje systematickosti a nevynechání důležitých témat.

Na základě těchto doporučení autorka vytvořila tento návrh struktury rozhovoru pro oblast mobilních aplikací:

- **Příprava na rozhovor:** Tazatel vytvoří strukturovaný systematický návod, který shrnuje hlavní témata a klíčové otázky, které chce během rozhovoru projít. Tato témata jsou uspořádána do logického a prioritního pořadí, přičemž případné citlivější či kontroverzní otázky jsou zařazeny na konec.
- **Zahájení rozhovoru:** Je vhodné navázat s dotazovaným pozitivní vztah – např. použitím tzv. ice-breaker technik. Dále tazatel vysvětlí dotazovanému účel a cíl rozhovoru a ujistí dotazovaného o důvěrnosti informací (např. interní informace z pracovních procesů, pro které je mobilní aplikace určena, osobní informace o pracovnících atd). Je důležité vytvořit bezpečnou a otevřenou atmosféru rozhovoru, aby byly předány všechny informace, které mohou být pro návrh aplikace relevantní.
- **Vedení rozhovoru:** Tazatel pokládá otevřené otázky, které umožňují dotazovanému poskytovat komplexní odpovědi. Je důležité, aby tazatel aktivně poslouchal a reagoval na odpovědi, přičemž může klást doplňující otázky pro hloubkové prozkoumání daného tématu. Tento interaktivní přístup pomáhá identifikovat skutečné potřeby dotazovaného.
- **Flexibilita v otázkách:** Tazatel by měl být připraven upravit pořadí otázek nebo formulaci na základě průběhu rozhovoru. Mít několik verzí stejné otázky může pomoci reagovat na situaci a přizpůsobit se odpovědím dotazovaného.
- **Ukončení rozhovoru:** Na závěr by tazatel měl shrnout klíčové body a poskytnout dotazovanému prostor pro dodatečné poznámky nebo otázky. Důležité je také poděkovat za čas a sdílení informací.

Na základě těchto podkladů autorka provedla návrh, který je uveden v příloze C.

Polostrukturovaný rozhovor je součástí navržené metodiky pro vývoj mobilních aplikací a bude použit v první fázi sběru požadavků od zákazníka ve formě zadavatele i koncových uživatelů a dalších relevantních prvků. Tento postup umožní získat potřebné informace o účelu aplikace, okruhu jejích uživatelů, integraci do existujících informačních systémů a rozhraní, potřebném zabezpečení, formátu přijímaných a odesílaných dat, rozpočtu a časovém harmonogramu pro vývoj. Díky této metodě bude možné zjistit a analyzovat skutečné potřeby zákazníka, které budou tvořit vstupy pro další etapy vývoje mobilní aplikace.

6.3 Identifikace slabých míst v projektu

Hlavní identifikace rizik se předpokládá již ve fázi předání projektu vývojovému týmu. Následně je však klíčové zaměřit se na identifikaci slabých míst přímo v procesu vývoje, aby bylo možné těmto rizikům předcházet a zajistit plynulý průběh práce. Obecná rizika byla definována v kapitole 3.5 na základě analýzy současného stavu mobilních aplikací v dopravě, vědeckých poznatků o jejich vývoji a analýzy vlastního vývojového procesu firmy z případové studie. Vzhledem k tomu,

že každý projekt má svá specifika, autorka začlenila do metodiky postupy pro identifikaci slabých míst charakteristických pro konkrétní projekt.

Pro analýzu rizik existuje několik metod, lišících se svou sofistikovaností a časovou náročností. Některé jsou detailní, ale vyžadují značné množství času, což zde není cílem – obecná rizika byla již identifikována, případně eliminována pomocí doporučených optimalizačních opatření (viz kap. 6.4). Zaměření v této fázi je rychle identifikovat specifická rizika daného projektu. Studie Mocka et al. (2021) a odborné články Andalese (2024) a GeeksForGeeks (2024) nabízejí přehled rozšířených metod analýzy rizik a hodnotí jejich přínosy a vhodnost použití v různých typech projektů. Autorka výsledky těchto studií porovnála v tab. 11.

Tab. 11 Metody analýzy rizik

<i>Metoda</i>	<i>Popis</i>	<i>Výhody</i>	<i>Použití</i>
SWOT Analýza	Identifikace silných/slabých stránek, příležitostí a hrozeb.	Široký přehled, snadné použití.	Strategická analýza, rozhodování o projektu.
Matrice rizik	Klasifikace rizik dle pravděpodobnosti a dopadu.	Rychlá priorita rizik, přehlednost.	Rychlé hodnocení a prioritizace rizik.
FMEA	Identifikace selhání, jejich příčin a dopadů.	Detailní analýza selhání, opatření předem.	Výroba, inženýrství, vývoj produktů.
Rozhodovací stromy	Grafické znázornění rozhodnutí a důsledků.	Simulace scénářů, kvantifikace dopadů.	Více alternativních rozhodnutí v projektu.
Monte Carlo simulace	Simulace pravděpodobnosti různých výsledků.	Přesná kvantitativní analýza.	Finanční řízení, projektové řízení, inženýrství.
Analýza scénářů	Testování rizik pomocí hypotetických scénářů.	Vizualizace dopadů, testování nejistot.	Plánování projektů s vysokou nejistotou.
FTA	Analýza příčin selhání v hierarchické struktuře.	Detailní pro technické problémy.	Letecký, jaderný průmysl, IT bezpečnost.
Bowtie Analysis	Kombinuje FTA a analýzu dopadu v motýlkovém diagramu.	Komplexní vizualizace příčin a dopadů.	Průmyslová bezpečnost, zdravotnictví.

Zdroj: autorka

Na základě těchto studií autorka vybrala rychlou, jednoduchou a efektivní metodu použití matice rizik, jejíž základní použití popsal Basu (2017) a aktuální poznatky shrnul Lengyel (2023). Inspirovala se přehledným návodem vytvoření matice, který sestavila Sienkiewicz (2022):

- **definování rizik** – seznam možných rizik projektu, zahrnující různé kategorie, jako technická, finanční, organizační nebo časová rizika,
- **pravděpodobnost rizik** – u každého rizika je stanovena pravděpodobnost jeho výskytu, která je klasifikována (např. na nízkou, střední, vysokou),
- **dopad rizik** – u každého rizika je určen potenciální dopad na projekt, pokud by k němu došlo, a klasifikován jako nízký, střední nebo vysoký,

- **matice pravděpodobnosti a dopadu** – je nakreslena matice, kde jedna osa představuje pravděpodobnost a druhá dopad, čímž se vytváří mřížka kombinací pravděpodobnosti a dopadu,
- **rizikové kategorie** – kombinace pravděpodobnosti a dopadu jsou označeny pomocí barevných kódů nebo jiných značek, aby byla rizika přehledně identifikována podle priority,
- **přidání rizika do matice** – každé riziko je zařazeno do odpovídajícího pole v matici podle své pravděpodobnosti a dopadu, což umožňuje vizuální znázornění,
- **vyhodnocení a přijetí opatření** – na základě výsledků matice jsou identifikována opatření pro řízení rizik s nejvyšší prioritou.

Konkrétní aplikace matice rizik bude provedena v návrhu aplikace podle navržené metodiky. Budou zde identifikována klíčová rizika a ohodnocena jejich pravděpodobnost a dopad. Matice poslouží k určení priorit a definici preventivních opatření, čímž ilustruje její praktickou použitelnost při řízení rizik v projektu.

K řízení rizik existuje řada softwarových nástrojů, z nichž některé jsou speciálně navrženy pro integraci s agilním přístupem k vývoji, jenž je v této práci rovněž doporučován – např. Jira a Trello. Haber (2024) uvádí názorný a přehledný příklad integrace řízení rizik v prostředí Jira. Pokud se firma rozhodne implementovat komplexní nástroj podporující agilní vývoj, je tedy možné zvolit takový, který zahrnuje integrovaný postup pro řízení rizik.

6.4 Návrh optimalizačních opatření v procesu vývoje

Jak uvedli Shah et al. (2024), při snaze zefektivnit proces vývoje softwaru je klíčové zaměřit se na priority projektu, volbu vhodných technologií, zavedení automatizace a standardizaci procesů. Shrnutí Zartis (2024) tyto parametry dále potvrdilo a zdůraznilo navíc význam sjednocené komunikace v rámci celého projektu a vhodnost spolupráce s externími partnery. Studie Zalozhneva et al. (2022) poukazuje na nutnost nahlížet na celý proces z projektového i procesního hlediska, přičemž optimalizace by měla přinést výhody jak zákazníkovi, tak vývojářské firmě. Na základě těchto poznatků a provedené analýzy současného stavu vědeckého poznání (viz kap. 2 a 3) budou navržena optimalizační opatření na zefektivnění procesu vývoje mobilních aplikací zaměřená na specifické potřeby mobilních aplikací v řešené oblasti (viz kap. 6.1).

Tato opatření cílí na různé aspekty optimalizace, jako je zvýšení rychlosti, snížení nákladů či zlepšení kvality. Vzhledem k tomu, že projekty v rámci řešené oblasti mohou mít odlišné priority identifikované v kap. 3.5.2, bude provedeno zhodnocení vhodnosti jednotlivých opatření pro různé priority projektu.

6.4.1 Zavedení agilního vývoje

Jak bylo prokázáno v kap. 3.3, je zavedení agilního vývoje v oblasti vývoje software obecně výhodné – umožňuje flexibilnější a rychlejší reakce na měnící se požadavky projektu a zajišťuje pravidelnou zpětnou vazbu jak uvnitř vývojového týmu, tak mezi týmem a zákazníkem. Pro mobilní aplikace v oblasti řízení provozu železniční dopravy tak umožňuje rychlou adaptaci na

změny požadavků (např. legislativa, provozní požadavky), efektivní řešení složitých funkcí, průběžné testování pro zajištění spolehlivosti v provozních podmínkách apod. Díky úzké spolupráci se zákazníkem lze aplikaci lépe přizpůsobit specifickým potřebám provozních pracovníků a zvýšit její užitnou hodnotu.

Tento přístup však vyžaduje zaškolení týmu a přizpůsobení pracovních postupů, což může zpočátku zvýšit náklady a časovou náročnost projektu

Výhody:

- flexibilita při změnách požadavků a rychlé reakce na zpětnou vazbu od zákazníků,
- možnost dodávat funkční části aplikace v průběhu vývoje.

Nevýhody:

- případné vyšší počáteční náklady na zavedení správné metodiky agilního vývoje,
- možná počáteční nedůvěra týmu k jinému přístupu k vývoji.

6.4.2 Použití bezplatných/open-source technologií

Analýzou v kap. 3.2 bylo zjištěno, že open-source technologie mohou být aplikovány prakticky ve všech fázích vývoje nativních mobilních aplikací. Tyto nástroje lze využít jak pro obecné činnosti v procesu vývoje aplikací, tak pro zabezpečení specifických potřeb aplikací v řešené oblasti (speciální potřeby UI, zabezpečení apod.).

V rámci sběru požadavků lze využít nástroje pro sdílení dokumentů, správu požadavků a plánování. Při navrhování aplikace a uživatelského rozhraní jsou k dispozici nástroje pro vytváření wireframů a grafického designu, včetně návrhu interakce UI. Během samotného vývoje mohou vývojáři implementovat frameworky pro vlastní programování, nástroje pro správu a analýzu kódu atd. V rámci testování aplikace lze použít nástroje pro automatizaci testování. Při nasazování aplikace je možné využít kontejnerizační technologie a nástroje pro automatizaci distribuce v obchodech s aplikacemi.

Výhody:

- zdarma,
- komunita poskytující podporu a dostupné zdroje,
- rychlejší vývoj díky existujícím modulům a knihovnám.

Nevýhody:

- potenciální bezpečnostní rizika spojená s použitím open-source kódu,
- omezené možnosti přizpůsobení specifickým požadavkům konkrétního projektu.

6.4.3 Minimalistické uživatelské rozhraní

Jednou z potřeb mobilních aplikací v řešené oblasti je uživatelské rozhraní, zaměřené na funkčnost klíčové funkce odpovídající specifickým provozním požadavkům v železničním prostředí – tzn. není cílem vytvářet design zaměřený na upoutání uživatele apod. jako u komerčních aplikací. Snížením komplexity UI na minimální rozsah je možné dosáhnout zkrácení

doby vývoje a snížení nákladů. Je však nezbytné provést podrobnou analýzu, která zajistí, že navržené minimalistické UI plně odpovídá hlavním požadavkům a očekáváním zákazníka.

Výhody:

- zrychlení vývoje snížením času stráveného na návrhu, implementaci a testování designu.

Nevýhody:

- omezené možnosti UI.

Je výhodné kombinovat s bodem 6.4.10 – použití vlastních již připravených řešení – návrhy a styly UI, jejich komponenty a interakce s uživateli, designový manuál stávajících zákazníků apod.

6.4.4 Redukce funkčností aplikace na klíčové prvky (a případné přesunutí plné funkčnosti do další etapy)

Jedním ze specifík těchto aplikací je jejich výrazné zaměření na funkčnost a schopnost efektivně provádět specifické operace. Proto lze v případě optimalizace vývoje z hlediska snížení nákladů a/nebo zrychlení vývoje uvažovat omezení funkcionalit aplikace na klíčové prvky. Výhodným řešením může také být přesunutí méně podstatných funkčností do další etapy – tzn. do budoucí verze aplikace. Je však zásadní provést pečlivou analýzu, která zajistí, že implementované funkce odpovídají nejdůležitějším potřebám zákazníka a přinášejí mu potřebnou užitečnost.

Výhody:

- zrychlení procesu vývoje,
- snížení počátečních nákladů.

Nevýhody:

- omezená funkcionalita,
- v případě přesunutí vývoje do další fáze dodatečné náklady a čas na vývoj (po dohodě se zákazníkem ale nemusí být pro zákazníka překážkou).

6.4.5 Redukce velikosti vývojového týmu

Protože aplikace v řešené oblasti v určitých oblastech sdílejí podobné nebo totožné požadavky, které již byly dříve úspěšně řešeny, často vývojářský tým již disponuje relevantními zkušenostmi a osvědčenými postupy pro jejich implementaci. Na základě shrnutí současných poznatků o efektivním využívání lidských zdrojů (viz kap. 3.4) lze u některých projektů využít redukci velikosti vývojového týmu jako prostředek optimalizace procesu vývoje. Funkce odebraných členů mohou být přerozděleny mezi zbývající, méně specializované členy týmu, kteří díky zkušenostem získaným z předchozích projektů dokážou tyto role efektivně zastávat. Snížení počtu členů týmu přináší úsporu nákladů na lidské zdroje a zjednodušuje koordinaci týmu, i když eliminace specializovaných pozic může omezit dostupnost konkrétních odborností. Lze rovněž využít přístup, kdy je specifická funkce zapojena pouze krátkodobě a jen v určité fázi vývoje (například specialista na bezpečnost je zapojen pouze pro konzultaci a zhodnocení vytvořeného návrhu) bez nutnosti dlouhodobého zapojení v projektu.

Výhody:

- snížení nákladů na vývoj,
- jednodušší koordinace a komunikace v týmu.

Nevýhody:

- zvýšení pracovní zátěže pro jednotlivce,
- menší možnost specializace.

Poznámka: Na základě zkušeností z praxe nebude doporučováno odebrání testera z vývojového týmu. Důvodem je potřeba testování objektivní osobou, která není ovlivněna předchozími pracemi.

Je výhodné kombinovat se standardizací procesů (viz kap. 6.4.11) – definování standardních odpovědností v týmu při odebrání určitých členů (např. analytik může nahradit UI designéra, programátor může nahradit DevOps atd.).

6.4.6 Využití subdodavatele

Protože aplikace v řešené oblasti vykazují specifické potřeby – vysoká úroveň zabezpečení, specifické UI apod., lze u některých projektů využít pro dosažení nejvyšší kvality aplikace využít služby subdodavatele. To je výhodné v případě chybějícího potřebného experta v interním týmu nebo při potřebě zapojení více pracovníků najednou pro urychlení vývoje. Obvykle je třeba počítat s vyššími náklady než u interních zaměstnanců, a také s náročnější komunikací a koordinací. Klíčovým faktorem je výběr kvalitního subdodavatele, aby se předešlo situacím, kdy jeho zapojení do projektu přinese více problémů než přínosů.

Výhody:

- využití specializovaného experta, který není dostupný v aktuálním interním vývojovém týmu,
- zrychlení vývoje navýšením kapacity,

Nevýhody:

- obvykle vyšší cena než interní členové týmu,
- náročnější komunikace a koordinace v projektu,
- závislost na externím partnerovi.

6.4.7 Použití komerčních výkonných technologií

Jak bylo zjištěno v kap. 3.2, komerční placené výkonné technologie a technologické nástroje nabízejí robustnější, rychlejší a kvalitnější funkčnosti ve srovnání s obdobnými open-source alternativami. Jejich použití může u projektů, zaměřených na nejvyšší úroveň kvality různých aspektů aplikace (zabezpečení, UI atd.), přispět k efektivnějšímu průběhu procesu vývoje. Investice do těchto technologií vyžaduje vyšší počáteční náklady a čas potřebný k zaškolení vývojářů v jejich efektivním používání.

Výhody:

- vyšší efektivita procesu vývoje (kvalita a/nebo rychlost).

Nevýhody:

- cena,
- případné časová prodleva při osvojení nové technologie.

6.4.8 Minimalizace dokumentace

Minimalizace dokumentace snižuje časové i finanční náklady spojené s tvorbou a správou rozsáhlých podkladů. Vzhledem k tomu, že aplikace v řešené oblasti sdílejí v některých aspektech podobné vlastnosti, je možné vytvořit minimalistickou verzi dokumentace zaměřenou na popis těchto společných prvků.

Na druhou stranu může snížit komfort předávání informací o aplikaci, ztížit budoucí úpravy aplikace nebo předávání projektu jinému týmu. Proto je nezbytné při redukci rozsahu dokumentace pečlivě určit, které klíčové informace musí být vždy zaznamenány.

Výhody:

- úspora času a nákladů při vytváření rozsáhlé dokumentace (technická, uživatelská, projektová atd.),
- flexibilita v měnících se projektech, kde je třeba rychlá reakce dokumentace na provedené změny.

Nevýhody:

- redukce některých informací – nutných např. při budoucí údržbě a rozvoji aplikace, snížení transparentnosti procesu vývoje atd.

Je výhodné kombinovat s bodem 6.4.10 – použití vlastních již připravených řešení – připravený standardní a minimální rozsah dokumentace (např. uživatelská, systémová, testovací atd. včetně obsahu). To zajistí zdokumentování zásadních informací a zrychlí návrh rozsahu předávané dokumentace.

6.4.9 Automatizace testování

Automatizace urychluje celý proces testování, zvyšuje jeho efektivitu a snižuje riziko lidských chyb, což platí pro proces vývoje software obecně.

Protože aplikace v řešené oblasti často sdílejí obdobné funkčnosti, umožňuje automatizace opakované využití testovacích scénářů. Navíc se tyto aplikace často vyvíjejí dlouhodobě s postupným přidáváním nových funkcionalit a při každé aktualizaci je nutné otestovat celou aplikaci – automatizace tak výrazně urychluje opakované testování.

Tento přístup vyžaduje proškolení testerů a případnou investici do pokročilejších nástrojů, což může zvýšit počáteční náklady. Z dlouhodobého hlediska však přináší snížení nákladů na manuální testování a vyšší konzistenci výsledků, zejména při opakovaných testovacích cyklech.

Výhody:

- rychlejší testování a vyšší kvalita díky opakovatelným a konzistentním testům,
- snížení lidských chyb.

Nevýhody:

- potřebný čas pro zaškolení pracovníků na práci s daným nástrojem,
- potřebný čas pro nastavení konkrétních testů před začátkem testování,
- případné náklady při použití kvalitního nástroje.

6.4.10 Opakované použití vlastních řešení

Praktické zkušenosti ukazují, že opakované využití vlastních již vyvinutých řešení může významně snížit časovou a finanční náročnost vývoje aplikací. Aplikace z řešené skupiny často zahrnují obdobné funkcionality, proto lze toto opatření výhodně použít. Tento přístup umožňuje efektivněji využít stávající zdroje, zkrátit dobu potřebnou k implementaci a optimalizovat rozpočet projektu.

Výhody:

- zrychlení a zlevnění vývoje,
- ověřená funkcionality.

Nevýhody:

- vyšší počáteční náklady v případě vytváření univerzálnějšího řešení,
- nutnost údržby a aktualizace,
- omezená přizpůsobitelnost, pokud projekt vyžaduje specifické řešení.

Vytvořením připravených řešení by bylo možné předejít možným problémům, které byly zjištěny při definování předchozích opatření. Jedná se například o:

- šablony dokumentace – připravený standardní a minimální rozsah zdokumentovaných informací o aplikaci (např. uživatelská, systémová, testovací atd.) – jednak zajistí zdokumentování zásadních informací, jednak zrychlí návrh rozsahu předávané dokumentace,
- knihovny a moduly kódu,
- návrhy a styly UI, jejich komponenty a interakce s uživateli, designový manuál stávajících zákazníků – vhodné použít i při návrhu minimalizace UI pro urychlení procesu vývoje,
- šablony testovacích scénářů atd.

6.4.11 Standardizace procesů, používání „best practices“

V návaznosti na analýzu v kap. 3 lze odvodit, že je efektivní používat ověřené postupy a technologie. Standardizace procesů a používání „best practices“ přináší zvýšení kvality výstupů a úsporu času díky efektivně nastaveným postupům. Jejich implementace však vyžaduje počáteční časovou investici pro nalezení vhodných standardů a průběžnou údržbu, včetně školení vývojářů, aby byli s těmito postupy dobře obeznámeni. Ze systémového hlediska přinese opatření významnou eliminaci rizika existence neregularity vazeb v systému – tzn. mezi prvky budou předávány potřebné vstupy a výstupy bez chybějících nebo naopak nadbytečných dat.

Výhody:

- zvýšení kvality výstupů při efektivně a kvalitně nastavených standardech,

- úspora času pro hledání efektivních procesů.

Nevýhody:

- nutnost počáteční časové investice pro stanovení nalezení standardů,
- průběžná časová investice pro jejich údržbu včetně zajištění obeznámenosti vývojářů s jejich používáním.

Standardizace procesů přispěje k efektivnímu řešení identifikovaných slabých míst v procesu vývoje a zároveň eliminuje některé nevýhody výše uvedených optimalizačních opatření:

Na základě analýzy provedené v předchozí části a praktických zkušeností autorka do metodiky zařadila standardizaci následujících procesů:

- **organizace a řízení týmu:**

- standardní složení týmu a přidělení odpovědností – příloha B,
- stanovení pravidel pro komunikaci uvnitř pracovního týmu, se zákazníkem a subdodavateli – např. pomocí rozšířeného technologického nástroje (Jira apod.).

- **procesy týkající se analýzy a návrhu aplikace:**

- sběr požadavků od zákazníka – návrh v kap. 6.2,
- stanovení obsahu a struktury návrhu aplikace:
 - podoba zadání pro programátora – příloha D,
 - podoba testovacích scénářů – příloha E,
 - podoba analytických výstupů – použití UML (Unified Modeling Language); typy diagramů je výhodné stanovit podle potřeb projektu – klíčovým cílem metodiky je použití jednotného formátu UML.

- **procesy týkající se výběru technologií a technické standardizace:**

- standardizace postupů pro výběr technologií,
- pravidelná plánovaná revize technologií – potřebné aktualizace používaných technologií, nové technologické možnosti, aktuální trendy apod.,
- stanovení formátů dat a rozhraní pro potřeby návazných IS vyžadujících interoperabilitu dle regulací EU.

- **procesy týkající se vývoje a údržby aplikací:**

- stanovení struktury opakovaně využitelných řešení a jejich modularity,
- stanovení pravidel pro schvalování kódu,
- stanovení pravidel pro vydávání aplikace a nových verzí,
- stanovení pravidel pro pravidelnou údržbu a aktualizace aplikací pro zabezpečení kompatibility s aktuálními verzemi OS a dalších použitých technologií (programovací jazyky, knihovny a frameworky, API a služby třetích stran, bezpečnostní protokoly atd.).

- **podoba dokumentace** – technická, uživatelská, testovací – příloha F.

Je zřejmé, že tato optimalizační opatření jsou pro různé typy priorit projektu uvedené v kap. 3.5 více či méně vhodná. Proto k posouzení jejich relevance v jednotlivých typech bude aplikována metoda **multikriteriální analýzy**. V odborné literatuře bylo publikováno množství studií zabývajících se variantami této metody. Taherdoost (2023) shrnul základní koncepty, klasifikaci a aplikaci různých metod a zdůrazňuje význam volby vhodné metodologie v závislosti na specifických cílech jejího použití. Haddad et al. (2018) vytvořil k tomuto účelu strukturovaný přístup, podle kterého je podle zamýšleného užití možné vybrat vhodnou metodu multikriteriální analýzy. Na základě těchto zjištění autorka zvolila pro konkrétní účel této práce, tzn. stanovení vhodnosti navržených opatření pro jednotlivé typy systému, metodu váženého součtu WSA. Tato metoda byla zvolena pro svou srozumitelnost, detailní popis v odborných zdrojích i praktických případech a snadnou interpretaci výsledků, což umožňuje přehledné a efektivní porovnání opatření mezi typy systému.

Jak uvedl Kampf (2002), je metoda WSA založena na konstrukci lineární funkce užitku na stupnici od 0 do 1. Nejhorší opatření podle daného kritéria bude mít užitek nula, nejlepší opatření užitek jedna a ostatní opatření budou mít užitek mezi oběma krajními hodnotami.

Při stanovení finální funkce užitku autorka postupovala podle praktického návodu Zýkové (2020) a popisu Brabcové (2020). Celý postup je demonstrován na Variantě 1, pro ostatní Varianty je uvedena finální vypočtená hodnota funkce užitku kritérií.

Aby v této kapitole nedošlo k záměně pojmů „varianta systému“ (ve smyslu prioritních variant systému pro návrh a vývoj mobilních aplikací, které byly definovány v kap. 3.5.2) a „varianta vícekriteriálního rozhodování“ (tak, jak je standardně v této metodě v odborných zdrojích používáno), jsou prioritní varianty systému pro návrh a vývoj mobilních aplikací zapisovány s velkým počátečním písmenem V (Varianta 1 atd.).

Poznámka:

V aktuálních studiích jsou zmiňovány i velmi sofistikované metody vícekriteriální analýzy. Jak již uvedl Taherdoost (2023), mezi široce používané metody v akademických a průmyslových studiích patří například analytický hierarchický proces AHP (Saatyho metoda) a TOPSIS.

Některé studie se zaměřily na vývoj nových přístupů k aplikaci metod vícekriteriálního rozhodování (MCDM) přímo v oblasti softwarového inženýrství. Magabaleh et al. (2024) zjistili, že metody MCDM jsou využívány zejména v oblastech hodnocení a výběru softwarových nástrojů a technologií, prioritizace softwarových požadavků, optimalizace softwarového vývojového procesu, testování a zajištění kvality, výběru architektur a návrhu systémů, nasazení a provozu softwaru a managementu softwarových projektů. Jako nejčastěji používané metody identifikovali opět AHP a TOPSIS a dále metody PROMETHEE a ANP (analytic network process).

Basciani et al. (2023) vytvořili flexibilní framework PRETTEF, který využívá metody MCDM k hodnocení kvality vývojových frameworků. Tento framework umožňuje rozhodovatelům měnit způsob výpočtu atributů, metrik a vah, techniky sběru dat a metody agregace dat, čímž zajišťuje přizpůsobitelnost analýz konkrétním požadavkům.

Sadiq se dlouhodobě věnuje výzkumu aplikace MCDM při řešení různých problémů v oblasti softwarového inženýrství, například při prioritizaci požadavků na software nebo identifikaci různých typů požadavků. Soustředí se především na využití AHP, jeho variant, metody TOPSIS a dalších přístupů. Mezi jeho klíčové výstupy patří například systém PRecSys pro výpočet pořadí požadavků v informačním systému pomocí fuzzy kosinové míry podobnosti a kolaborativního filtrování (Akram et al., 2023) nebo aplikace fuzzy-soft množin pro určení priorit funkčních požadavků (Sadiq et al., 2022).

Popsané aktuální výzkumy otevírají možnost aplikace pokročilých metod v návazném vědeckém výzkumu na tuto disertační práci. Tyto přístupy mohou dále zvýšit přesnost výsledků a přispět k podrobnější analýze navržených opatření.

Stanovení kritérií

Kritéria pro hodnocení optimalizačních opatření byla sestavena na základě kombinace předešlého výzkumu – analýzy jak současného stavu vědeckého poznání v kontextu řešení oblasti mobilních aplikací pro provoz železniční dopravy, tak shrnutím současného stavu procesů vývoje aplikací:

- **náklady** (Kolik bude implementace opatření stát z hlediska financí, času a zdrojů?),
- **časová efektivita** (Jak rychle může být opatření implementováno a jak ovlivňuje rychlost vývoje?),
- **kvalita výstupu** (Jaký bude dopad opatření na kvalitu a stabilitu výsledné aplikace?),
- **zabezpečení** (Jak dané optimalizační opatření přispívá ke zvýšení úrovně zabezpečení mobilní aplikace?),
- **flexibilita** (Jak snadno se opatření přizpůsobuje změnám v průběhu projektu?),
- **složitost implementace** (Jak technicky náročné je opatření na implementaci?).

Všechna kritéria jsou **maximalizační**, tzn. čím vyšší hodnoty dosáhnou, tím jsou pro uvažovaný účel vhodnější.

Stanovení vah kritérií

Vzhledem k tomu, že každá Varianta systému je zaměřená na jiné priority, mají stanovená kritéria v rámci jednotlivých Variant jiná váha – proto musí být stanoveny váhy kritérií zvlášť pro každou Variantu.

Metody stanovení kritérií a jejich vhodnost pro různé účely přehledně shrnula Brabcová (2020). Autorka tyto závěry aplikovala na specifika řešené oblasti a na skutečnost, že o stanovených kritériích jsou k dispozici kardinální informace. Na základě toho zvolila **bodovací** metodu pro určení vah kritérií. Tato metoda spočívá v přiřazení bodů z libovolně zvolené stupnice každému kritériu, přičemž čím více bodů je kritériu přiděleno, tím vyšší je jeho preferenční hodnota. Výhodou použití bodovací metody pro tuto práci je fakt, že pro kritéria se shodnou důležitostí je možné přiřadit stejný počet bodů. Přiřazení bodů kritériím v rámci typů je zde na základě předešlé analýzy dobře proveditelné, protože vzhledem k jasně definovaným prioritám jednotlivých typů jsou dopady optimalizačních opatření a tím splnění kritérií dostatečně zřetelné.

Bodovací škála byla zvolena v rozsahu 1 až 10; 1 – nejhorší, 10 – nejlepší.

Bodové ohodnocení kritérií pro Variantu 1 je uvedeno v tab. 12.

Tab. 12 Varianta 1 – bodové ohodnocení kritérií

<i>Náklady</i>	<i>Časová efektivita</i>	<i>Kvalita výstupu</i>	<i>Flexibilita</i>	<i>Složitost implementace</i>	<i>Zabezpečení</i>
10	7	6	4	5	2

Zdroj: autorka

Výsledné váhy kritérií jsou potom stanoveny dle vztahu:

$$v_j = \frac{b_j}{\sum_{j=1}^n b_j} \quad (1)$$

kde b_j představuje bodové ohodnocení j -tého kritéria. Jejich hodnoty jsou zaneseny do tab. 13.

Tab. 13 Varianta 1 – váhy kritérií

<i>Náklady</i>	<i>Časová efektivita</i>	<i>Kvalita výstupu</i>	<i>Flexibilita</i>	<i>Složitost implementace</i>	<i>Zabezpečení</i>
0,294	0,206	0,147	0,147	0,147	0,059

Zdroj: autorka

Dále je provedeno ohodnocení optimalizačních opatření pro daná kritéria. Protože optimalizační opatření nejsou explicitně vyjádřena hodnotami, bude opět použita bodovací metoda.

Body přidělila autorka na základě provedené analýzy v předchozí části práce, konzultace s experty a vlastních odborných poznatků z praxe.

Bodovací škála byla opět v rozsahu 1 až 10; 1 – nejhorší, 10 – nejlepší. Pokud opatření nemělo vliv vzhledem ke kritériu, bylo ohodnoceno „neutrální“ hodnotou 5 bodů, pokud mělo vliv negativní, dostalo méně než 5 bodů.

Bodové ohodnocení opatření pro kritéria je uvedeno v tab.14.

Tab. 14 Ohodnocení optimalizačních opatření pro kritéria

	<i>Náklady</i>	<i>Časová efektivita</i>	<i>Kvalita výstupu</i>	<i>Flexibilita</i>	<i>Složitost implementace</i>	<i>Zabezpečení</i>
Zavedení agilního vývoje	7	8	6	9	4	6
Použití open-source technologií	10	8	4	5	7	3
Minimalistické uživatelské rozhraní	8	9	3	6	5	5
Redukce funkcí aplikace na klíčové prvky	10	8	4	6	5	3
Redukce velikosti vývojového týmu	10	5	3	6	7	3
Využití subdodavatele	1	6	8	5	4	7
Použití komerčních výkonných technologií	1	6	9	5	4	7
Minimalizace dokumentace	8	9	1	7	6	5
Automatizace testování	7	8	7	7	3	8
Opakované použití vlastních řešení	8	10	4	4	7	3
Standardizace procesů	9	9	7	8	7	7

Zdroj: autorka

Pro hodnocení optimalizačních opatření je v tab. 15 dále provedeno stanovení ideální (I) a bazální varianty (B) – ideální varianta představuje teoreticky nejlepší možné řešení s maximálním bodovým ohodnocením, bazální varianta odpovídá nejhoršímu možnému ohodnocení. Jejich výpočet umožňuje relativní srovnání jednotlivých opatření a jejich blízkost k optimálnímu řešení. Tyto hodnoty jsou vstupními daty pro další výpočty.

Tab. 15 Ideální a bazální varianta

	<i>Náklady</i>	<i>Časová efektivita</i>	<i>Kvalita výstupu</i>	<i>Flexibilita</i>	<i>Složitost implementace</i>	<i>Zabezpečení</i>
I	10	10	9	9	7	8
B	1	5	1	4	3	3
I-B	9	5	8	5	4	5

Zdroj: autorka

Provedení metody váženého součtu

Metoda váženého součtu vychází z principu maximalizace užitku a předpokládá lineární funkci užitku. Při jejím použití se vytvoří normalizovaná kritériální matice $R = (r_{ij})$, jejíž prvky jsou

získány z kriteriální matice a jejích řádků odpovídajících ideální a bazální variantě pomocí transformačního vzorce:

$$r_{ij} = \frac{y_{ij} - B_j}{I_j - B_j} \quad (2)$$

Tato matice již představuje matici hodnot užitku i -té varianty podle j -tého kritéria. Kriteriální hodnoty y_{ij} se transformují lineárně tak, že $r_{ij} \in \langle 0, 1 \rangle$, přičemž I_j odpovídá hodnota 0 a B_j odpovídá hodnota 1. Při použití aditivní funkce užitku je potom uáitek varianty a_i roven:

$$u(a_i) = \sum_{j=1}^k v_j r_{ij}, i = 1, 2, \dots, n. \quad (3)$$

Varianta 1

Normalizovaná kriteriální matice je uvedena v tab. 16.

Tab. 16 Normalizovaná kriteriální matice pro Variantu 1

	<i>Náklady</i>	<i>Časová efektivita</i>	<i>Kvalita výstupu</i>	<i>Flexibilita</i>	<i>Složitost implementace</i>	<i>Zabezpečení</i>
Zavedení agilního vývoje	0,667	0,600	0,625	1,000	0,250	0,600
Použití open-source technologií	1,000	0,600	0,375	0,200	1,000	0,000
Minimalistické uživatelské rozhraní	0,778	0,800	0,250	0,400	0,500	0,400
Redukce funkcností aplikace na klíčové prvky	1,000	0,600	0,375	0,400	0,500	0,000
Redukce velikosti vývojového týmu	1,000	0,000	0,250	0,400	1,000	0,000
Využití subdodavatele	0,000	0,200	0,875	0,200	0,250	0,800
Použití komerčních výkonných technologií	0,000	0,200	1,000	0,200	0,250	0,800
Minimalizace dokumentace	0,778	0,800	0,000	0,600	0,750	0,400
Automatizace testování	0,667	0,600	0,750	0,600	0,000	1,000
Opakované použití vlastních řešení	0,778	1,000	0,375	0,000	1,000	0,000
Standardizace procesů	0,889	0,800	0,750	0,800	1,000	0,800

Zdroj: autorka

Funkce užítku pro Variantu 1 je uvedena v tab. 17.

Tab. 17 Funkce užítku pro Variantu 1

	<i>Náklady</i>	<i>Časová efektivita</i>	<i>Kvalita výstupu</i>	<i>Flexibilita</i>	<i>Složitost implementace</i>	<i>Zabezpečení</i>	<i>Celkový užitek</i>
Zavedení agilního vývoje	0,196	0,124	0,092	0,147	0,037	0,035	0,631
Použití open-source technologií	0,294	0,124	0,055	0,029	0,147	0,000	0,649
Minimalistické uživatelské rozhraní	0,229	0,165	0,037	0,059	0,074	0,024	0,586
Redukce funkcí aplikace na klíčové prvky	0,294	0,124	0,055	0,059	0,074	0,000	0,605
Redukce velikosti vývojového týmu	0,294	0,000	0,037	0,059	0,147	0,000	0,537
Využití subdodavatele	0,000	0,041	0,129	0,029	0,037	0,047	0,283
Použití komerčních výkonných technologií	0,000	0,041	0,147	0,029	0,037	0,047	0,301
Minimalizace dokumentace	0,229	0,165	0,000	0,088	0,110	0,024	0,616
Automatizace testování	0,196	0,124	0,110	0,088	0,000	0,059	0,577
Opakované použití vlastních řešení	0,229	0,206	0,055	0,000	0,147	0,000	0,637
Standardizace procesů	0,261	0,165	0,110	0,118	0,147	0,047	0,848

Zdroj: autorka

Na základě stanoveného rozsahu bodovací stupnice a metodiky přidělování bodů (viz vysvětlení výše) autorka stanovila mez funkce užítku pro optimalizační opatření, doporučená k použití v dané variantě, na hodnotu vyšší nebo rovnou **0,500**.

Tento postup autorka provedla pro všechny Varianty systému.

Pro srovnání je ještě v tab. 18 uvedeno bodové ohodnocení kritérií pro všechny Varianty systému současně a z nich v tab. 19 odvozeny váhy kritérií. Jsou zřejmé výrazné rozdíly mezi jednotlivými Variantami v závislosti na jejich prioritách.

Tab. 18 Bodové ohodnocení kritérií všech Variant systému

	<i>Náklady</i>	<i>Časová efektivita</i>	<i>Kvalita výstupu</i>	<i>Flexibilita</i>	<i>Složitost implementace</i>	<i>Zabezpečení</i>
Varianta 1 – cena vývoje	10	7	5	5	5	2
Varianta 2 – rychlost vývoje	4	10	4	6	5	2
Varianta 3 – nejvyšší kvalita aplikace	3	5	10	4	3	8
Varianta 4 – specifické zabezpečení	3	4	8	3	3	10
Varianta 5 – flexibilita a škálovatelnost	4	4	7	10	4	5

Zdroj: autorka

Tab. 19 Váhy kritérií pro všechny Varianty systému

	<i>Náklady</i>	<i>Časová efektivita</i>	<i>Kvalita výstupu</i>	<i>Flexibilita</i>	<i>Složitost implementace</i>	<i>Zabezpečení</i>
Varianta 1 – cena vývoje	0,294	0,206	0,147	0,147	0,147	0,059
Varianta 2 – rychlost vývoje	0,129	0,323	0,129	0,194	0,161	0,065
Varianta 3 – nejvyšší kvalita aplikace	0,091	0,152	0,303	0,121	0,091	0,242
Varianta 4 – specifické zabezpečení	0,097	0,129	0,258	0,097	0,097	0,323
Varianta 5 – flexibilita a škálovatelnost	0,118	0,118	0,206	0,294	0,118	0,147

Zdroj: autorka

V tab. 20 jsou již uvedeny vypočítané výsledné funkce užitku optimalizačních opatření pro všechny Varianty systému.

Tab. 20 Funkce užitku pro optimalizační opatření v jednotlivých variantách

	<i>Varianta 1</i>	<i>Varianta 2</i>	<i>Varianta 3</i>	<i>Varianta 4</i>	<i>Varianta 5</i>
Zavedení agilního vývoje	0,631	0,633	0,630	0,618	0,689
Použití open-source technologií	0,649	0,571	0,289	0,387	0,442
Minimalistické uživatelské rozhraní	0,586	0,575	0,284	0,459	0,572
Redukce funkčností aplikace na klíčové prvky	0,605	0,529	0,261	0,358	0,542
Redukce velikosti vývojového týmu	0,537	0,500	0,241	0,297	0,404
Využití subdodavatele	0,283	0,508	0,511	0,553	0,410
Použití komerčních výkonných technologií	0,301	0,528	0,523	0,585	0,435
Minimalizace dokumentace	0,616	0,621	0,303	0,438	0,509
Automatizace testování	0,577	0,557	0,529	0,716	0,627
Opakované použití vlastních řešení	0,637	0,633	0,287	0,398	0,504
Standardizace procesů	0,848	0,837	0,558	0,815	0,824

Zdroj: autorka

Z provedené analýzy vyplývá, že některá optimalizační opatření jsou efektivní ve všech prioritních variantách projektu. Po úvodních investicích do času, nákladů a lidských zdrojů tato opatření stabilně přispívají k vyšší efektivitě procesu. Pokud jsou tato opatření ve firmě již zavedena a běžně používána, tzn. firma vlastní potřebné technologie a tým má odpovídající odborné dovednosti, přinášejí jejich využití ještě výraznější přínosy, než když jsou zaváděna za běhu konkrétního projektu. V tomto případě je možné využít jejich výhody, aniž by došlo k prodlevám či dalším počátečním nákladům spojeným s jejich implementací.

Jsou to opatření:

- **zavedení agilního vývoje** – přehled možností k zavedení této metodiky do firmy je uveden v přehledu aktuálního stavu agilního vývoje v kap. 3.3,
- **automatizace testování** – přehled využitelných nástrojů je uveden v přehledu současného stavu technologií,
- **standardizace procesů.**

Optimalizační opatření, která byla na základě vypočtené funkce užitku vybrána pro implementaci, budou zapracována při syntéze systémů u příslušných variant. Výchozím bodem je identifikace systému současného stavu, provedená v kap. 3.5.1 za využití SSM.

Jak bylo uvedeno, identifikované varianty zaměření řešeného projektu mají jiné priority, a tudíž různá hlediska a z toho vyplývající kořenové definice podsystémů dílčích aktivit, zjištěných ve fázi dekompozice konceptuálního modelu. Optimalizační opatření jsou tedy aplikována v každé variantě od fáze M3 – kořenové definice podsystémů dílčích aktivit. Pro přehlednost budou uvedeny pouze rozdílnosti mezi variantami, tzn. položky **Weltanschauung**.

6.5 Varianty systému podle priorit projektu

V této kapitole budou vytvořeny varianty systému odpovídající zjištěným prioritám projektu. Do těchto variant budou implementována optimalizační opatření na základě jejich vhodnosti určené metodou multikriteriálního rozhodování. Následně bude analyzováno, zda lze tyto varianty kombinovat mezi sebou a zvýšit tak efektivitu projektu nad rámec původně stanovených priorit.

6.5.1 Varianta 1 – Nejnižší cena za výsledný produkt

Zaměřuje se na minimalizaci nákladů celého procesu vývoje a výsledného produktu. Možné úspory jsou hledány redukcí nákladů na lidské zdroje, efektivním stanovením rozsahu funkcionalit produktu, využitím cenově přívětivých technologií apod.

Subsystém Sběr, analýza a specifikace požadavků

Weltanschauung: definovat požadavky s cílem minimalizovat náklady

Subsystém Návrh aplikace

Weltanschauung: zajistit co nejnižší náklady na proces vývoje při dodržení požadované kvality výsledného produktu

Subsystém Vývoj aplikace

Weltanschauung: naprogramovat mobilní aplikaci dle provedeného návrhu se zaměřením na minimalizaci nákladů

Subsystém Testování

Weltanschauung: testování hotové aplikace se zaměřením na minimalizaci nákladů

Subsystém Nasazení

Weltanschauung: nasazení a distribuce aplikace podle návrhu se zaměřením na minimalizaci nákladů.

Návrh optimalizace systému

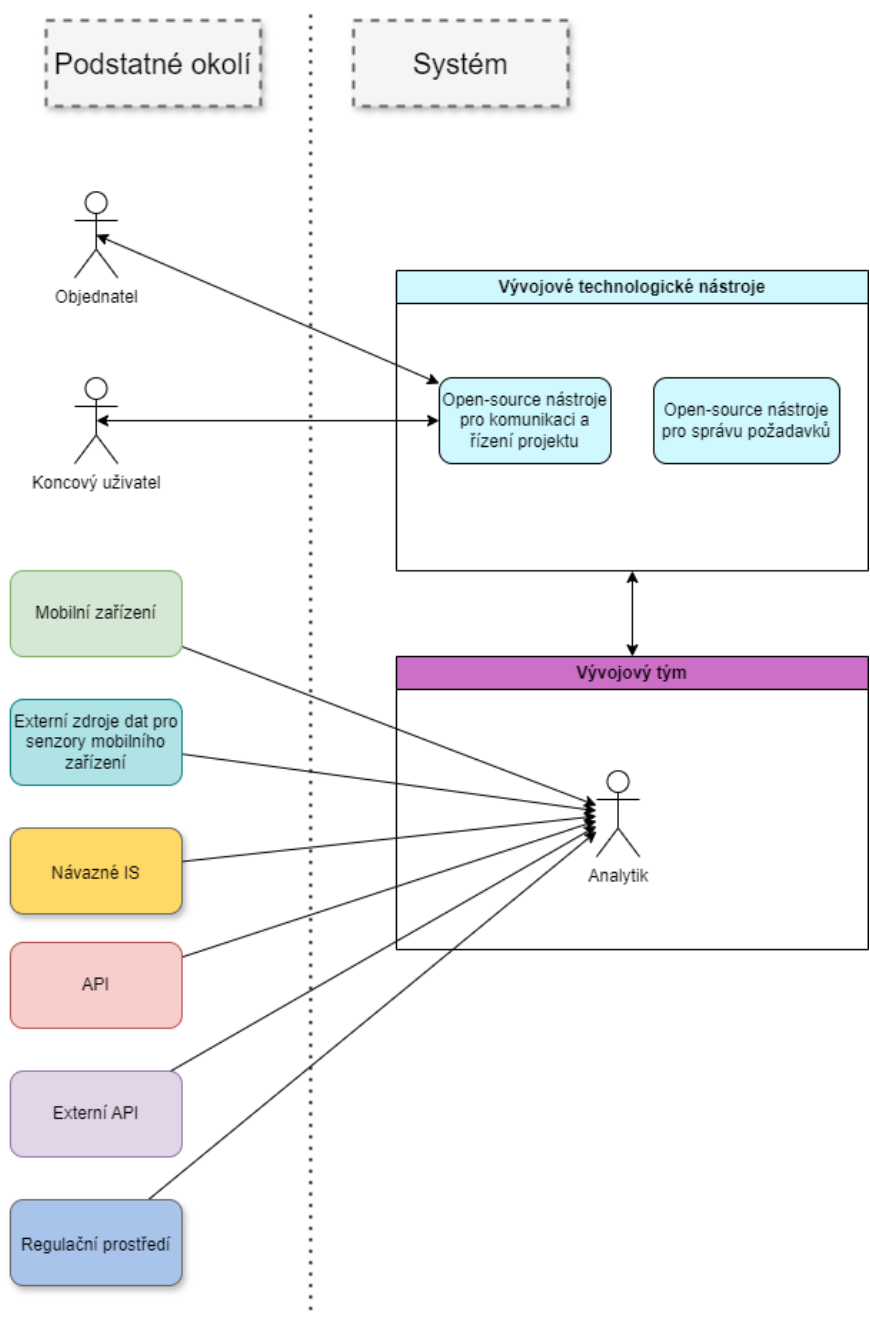
Identifikovaná vhodná optimalizační opatření:

- použití bezplatných/open-source technologií,

- minimalizace UI,
- redukce funkčností aplikace na klíčové prvky,
- redukce velikosti vývojového týmu,
- minimalizace dokumentace,
- opakované využití vlastních řešení.

Po implementaci optimalizačních opatření vypadají schémata prvků a vazeb mezi nimi takto:

Subsystém Sběr, analýza a specifikace požadavků



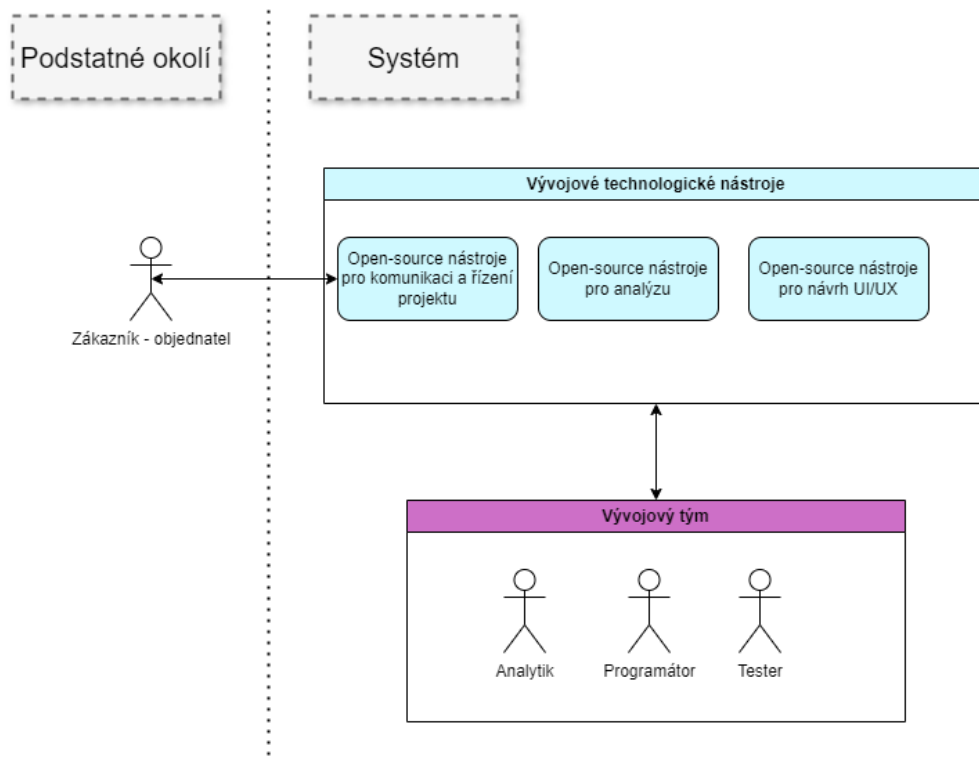
Zdroj: Autorka

Obr. 8 V1 – Sběr, analýza a specifikace požadavků

Efekty zavedení optimalizačních opatření v tomto subsystému:

- použití bezplatných/open-source technologií – pro sběr požadavků a komunikaci:
 - zvýšení efektivity a tím i nákladů v této fázi vývoje.
- minimalizace UI:
 - úspora času a tím i nákladů pro sběr a analýzu požadavků.
- redukce funkcí aplikace
 - úspora času a tím i nákladů pro sběr a analýzu požadavků.
- redukce velikosti vývojového týmu:
 - snížení počtu vazeb – viz obr. 8:
 - zjednodušení a zrychlení předávání informací,
 - snížení rizika zanesení informačního šumu.
 - snížení nákladů na lidské zdroje.
- minimalizace dokumentace
 - úspora času a tím i nákladů pro stanovení rozsahu požadované dokumentace.

Subsystém Návrh aplikace



Zdroj: Autorka

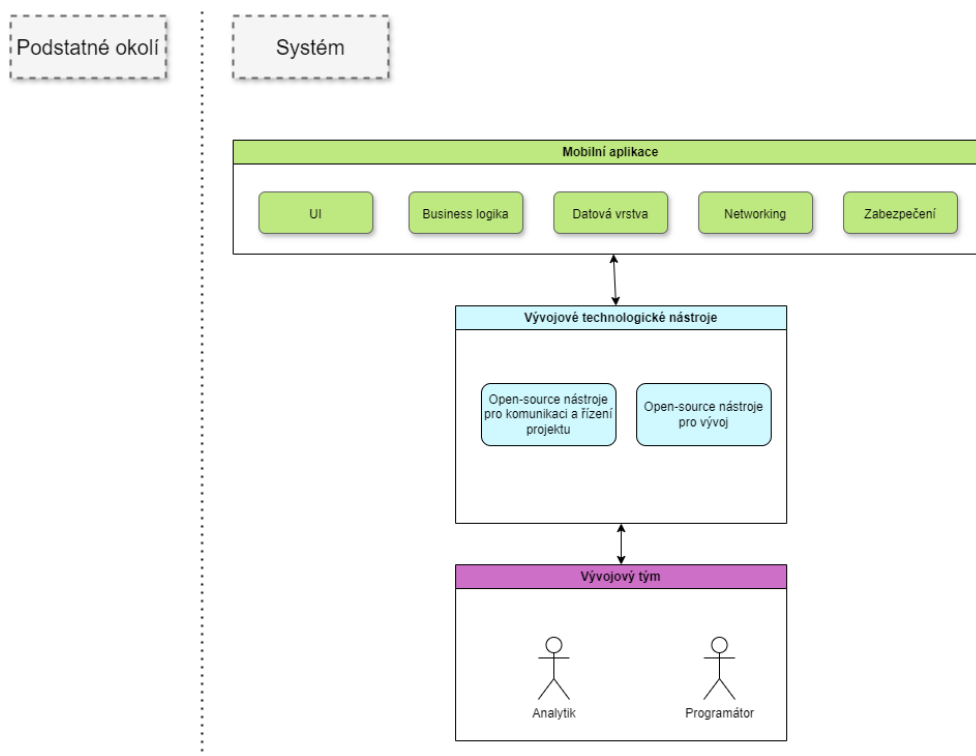
Obr. 9 V1 – Návrh aplikace

Efekty zavedení optimalizačních opatření v tomto subsystému:

- použití bezplatných/open-source technologií:
 - snížení nákladů na technologie,

- úspora času a tím i nákladů na popis použití pro zákazníka (ve fázi odsouhlasení návrhu aplikace) – tyto technologie mají dobře zpracovanou veřejně dostupnou dokumentaci.
- minimalizace UI:
 - úspora času a tím i nákladů na návrh specifického UI.
- redukce funkčností aplikace:
 - úspora času a tím i nákladů při návrhu nižšího počtu funkčností.
- redukce velikosti vývojového týmu:
 - rychlost a kvalita komunikace,
 - úspora nákladů na lidské zdroje.
- opakované využití vlastních řešení:
 - úspora času a tím i nákladů při návrhu nových řešení.

Subsystém Vývoj aplikace



Zdroj: Autorka

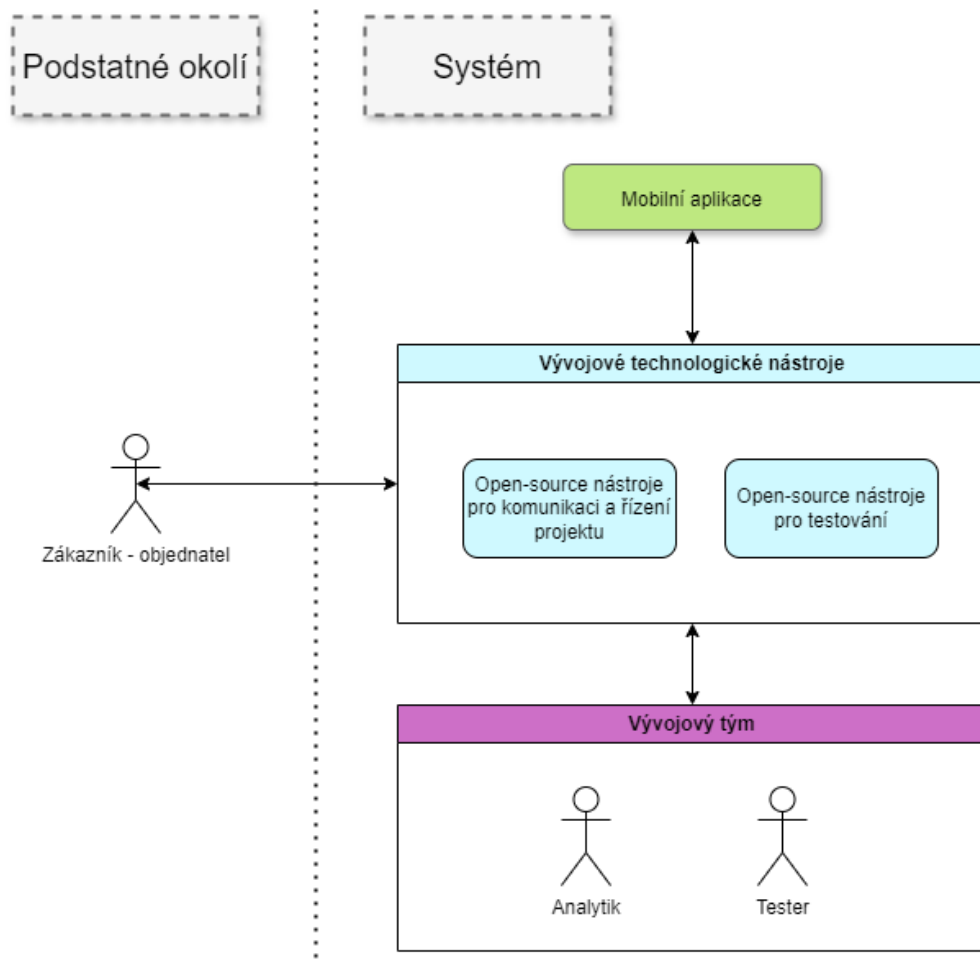
Obr. 10 V1 – Vývoj aplikace

Efekty zavedení optimalizačních opatření v tomto subsystému:

- použití open-source technologií:
 - snížení nákladů na technologie,
 - použití již předpřipravených řešení – úspora času a tím i nákladů.
- minimalizace UI:
 - redukce časové náročnosti vývoje a tím i snížení nákladů.

- redukce funkcí aplikace:
 - úspora času a tím i nákladů na vývoj.
- redukce velikosti vývojového týmu:
 - rychlost a efektivita komunikace,
 - náklady na lidské zdroje.
- minimalizace dokumentace:
 - úspora času a tím i nákladů při vytváření dokumentace dle návrhu včetně oprav při nečekané změně.
- opakované využití vlastních řešení:
 - úspora času a tím i nákladů na vývoj včetně opravy chyb při použití ověřených a otestovaných řešení.

Subsystém Testování



Zdroj: Autorka

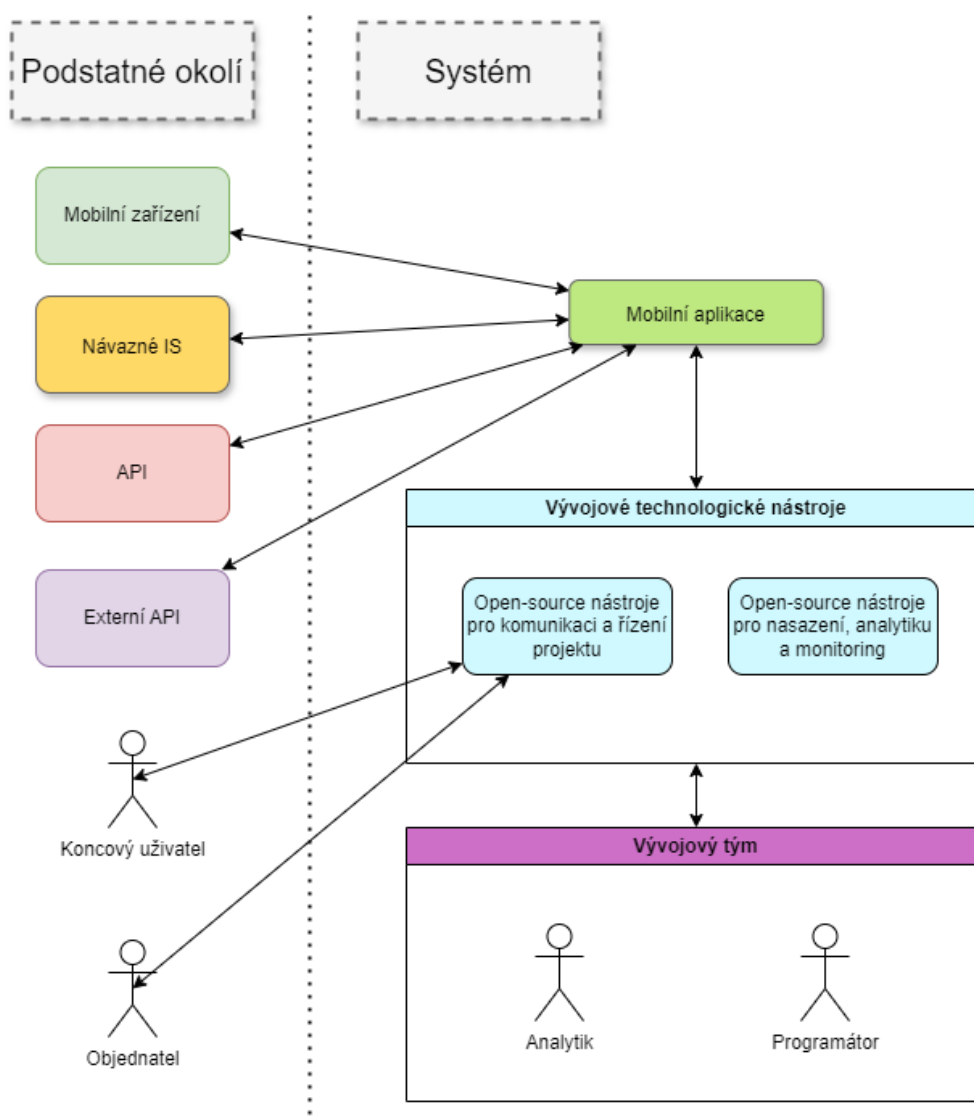
Obr. 11 V1 – Testování

Efekty zavedení optimalizačních opatření v tomto subsystému:

- použití open-source technologií:
 - snížení nákladů na technologie.

- minimalizace UI:
 - méně testovacích případů, zrychlení testování → nižší náklady.
- redukce funkčností aplikace:
 - méně testovacích případů, zrychlení testování → nižší náklady.
- redukce velikosti vývojového týmu:
 - rychlost a kvalita komunikace,
 - náklady na lidské zdroje.
- minimalizace dokumentace:
 - úspora času a tím i nákladů na testovací dokumentaci.

Subsystem Nasazení



Zdroj: Autorka

Obr. 12 V1 – Nasazení

Efekty zavedení optimalizačních opatření v tomto subsystému:

- použití open-source technologií:
 - zde ve formě použití bezplatné distribuce – popsané v kap. 3.2.3 – snížení nákladů.
- redukce velikosti vývojového týmu:
 - rychlost a kvalita komunikace,
 - náklady na lidské zdroje,
 - funkci experta DevOps může vykonávat programátor dle navrženého způsobu distribuce.

Shrnutí Varianty 1:

Využití open-source technologií představuje v této variantě efektivní strategii z důvodu nízkých nákladů na jejich použití. Redukce počtu členů týmu je prospěšná ve všech fázích vývoje, jelikož zjednodušuje komunikační procesy a vede ke snížení nákladů spojených s lidskými zdroji. Opatření zaměřená na minimalizaci UI a dokumentace a redukce funkcí aplikace na klíčové prvky je z hlediska snížení nákladů efektivní, důsledky na vlastní produkt je třeba ověřit se zákazníkem, aby bylo zajištěno, že tato opatření splňují nejen požadavek na snížení nákladů projektu, ale také klíčové potřeby zákazníka. Při implementaci pouze klíčových funkcí je důležité zvážit, zda bude ve vývoji aplikace pokračováno i v dalších fázích, a pokud ano, lze toto opatření výhodně kombinovat s flexibilním a škálovatelným řešením. Standardizace procesů, opakované využití vlastních řešení a aplikace agilních metodik jsou účinné přístupy, pokud je firma připravena investovat do počátečního času a nákladů nezbytných k jejich úspěšnému zavedení.

Tato varianta s uvedenými optimalizačními opatřeními je výhodná pro menší a střední projekty, které nemají specifické požadavky na složité funkčnosti aplikace, jako je pokročilé uživatelské rozhraní nebo vysoké zabezpečení. Je rovněž vhodná pro aplikace, kde je možné flexibilně definovat funkcionality a implementovat pouze klíčové prvky, které splňují nejvýznamnější potřeby uživatelů.

6.5.2 Varianta 2 – Nejrychlejší vývoj aplikace

U této varianty je hlavní prioritou co nejrychlejší realizace vývojového procesu a dokončení požadované aplikace. Výhodou pro zákazníka je rychlé uvedení aplikace ke koncovému uživateli, pro vývojářskou firmu například uvolnění vývojových kapacit pro další projekty.

Subsystém Sběr, analýza a specifikace požadavků

Weltanschauung: definovat požadavky na vývoj s cílem minimalizovat čas k dokončení celého procesu

Subsystém Návrh aplikace

Weltanschauung: zajistit co nejrychlejší proces vývoje při dodržení požadované kvality výsledného produktu

Subsystem Vývoj aplikace

Weltanschauung: naprogramovat mobilní aplikaci dle provedeného návrhu se zaměřením na rychlost

Subsystem Testování

Weltanschauung: testování hotové aplikace se zaměřením na rychlost

Subsystem Nasazení

Weltanschauung: nasazení a distribuce aplikace podle návrhu se zaměřením na rychlost

Návrh optimalizace systému

Identifikovaná vhodná optimalizační opatření:

- použití open-source technologií,
- použití komerčních výkonných technologií,
- minimalizace UI,
- redukce funkcí aplikace na klíčové prvky,
- redukce vývojového týmu,
- využití subdodavatele,
- opakované využití vlastních řešení,
- minimalizace dokumentace.

Společné použití těchto dvojic opatření by ale bylo kontraproduktivní:

- *použití open-source technologií a použití komerčních výkonných technologií,*
- *redukce vývojového týmu a využití subdodavatele.*

Tyto dvě dvojice opatření lze rozdělit na základě dostupného rozpočtu pro projekt. Použití open-source technologií a redukce velikosti vývojového týmu přináší úspory nákladů, avšak mohou omezit specializaci mobilní aplikace. Použití výkonných technologií a zapojení subdodavatelů zvyšují náklady, ale umožňují dosáhnout vyšší výkonnosti a specializace. I pro aplikaci v praxi je vhodné rozdělit tuto variantu na dvě alternativy:

Varianta 2 – Alternativa 1

Výsledný produkt je požadován v co nejkratším čase a zároveň je nutno dodržet vysokou kvalitu aplikace. V rámci projektu je možné alokovat zvýšené finanční prostředky, což umožňuje zapojení subdodavatelů a využití placených výkonných technologií.

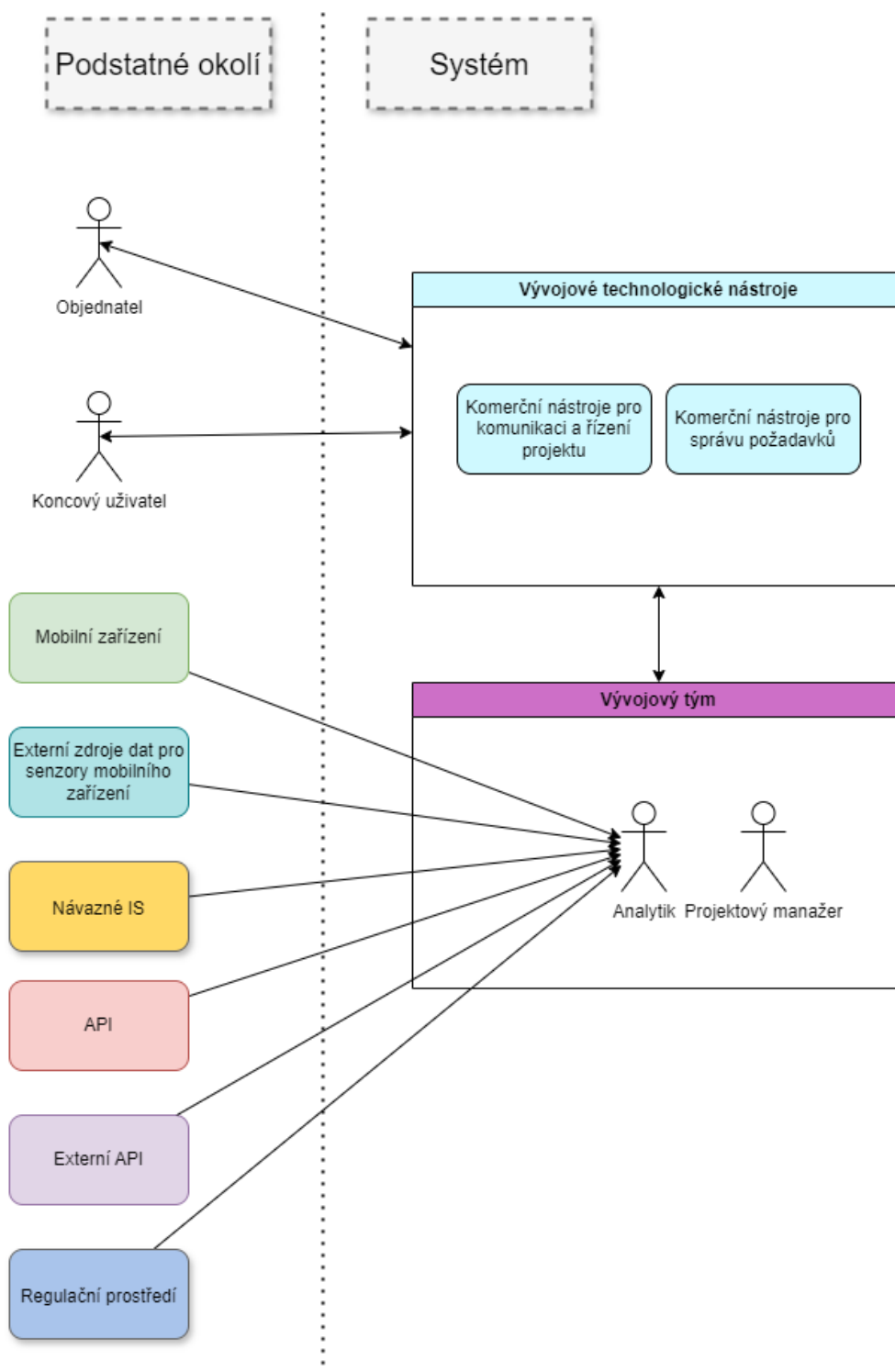
Identifikovaná vhodná optimalizační opatření:

- použití komerčních výkonných technologií,
- minimalizace UI,
- redukce funkcí aplikace na klíčové prvky,

- využití subdodavatele – pro názornost je na diagramech znázorněno, že všichni členové vývojového týmu kromě PM (projektového manažera) a analytika mohou být subdodavatelé; v praxi závisí konkrétní role v týmu na zaměření projektu a aktuálních kapacitách vývojářské firmy,
- opakované využití vlastních řešení,
- minimalizace dokumentace.

Po implementaci optimalizačních opatření vypadají schémata prvků a vazeb mezi nimi takto:

Subsystem Sběr, analýza a specifikace požadavků



Zdroj: Autorka

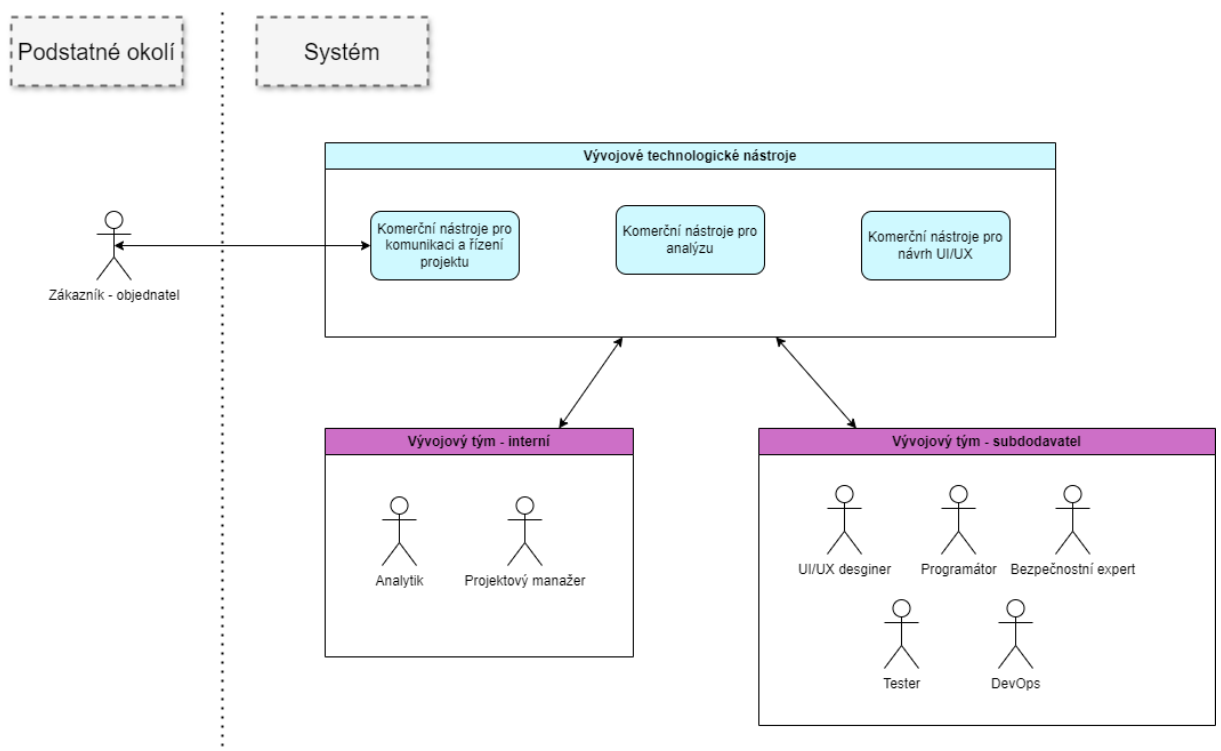
Obr. 13 V2-1 – Sběr, analýza a specifikace požadavků

Efekty zavedení optimalizačních opatření v tomto subsystému:

- použití komerčních výkonných technologií – zde ve formě kvalitní placený nástroj pro sběr požadavků a komunikaci:

- zkrácení času pro vlastní sběr požadavků použitím výkonného nástroje,
- kvalitní komunikace a zaznamenání požadavků v této fázi projektu minimalizuje nutnost oprav a dohledávání původních požadavků v dalších etapách.
- minimalizace UI:
 - zkrácení času pro sběr a analýzu požadavků.
- redukce funkcí aplikace:
 - zkrácení času pro sběr a analýzu požadavků.
- minimalizace dokumentace:
 - zkrácení času pro stanovení rozsahu požadované dokumentace.

Subsystem Návř aplikace



Zdroj: Autorka

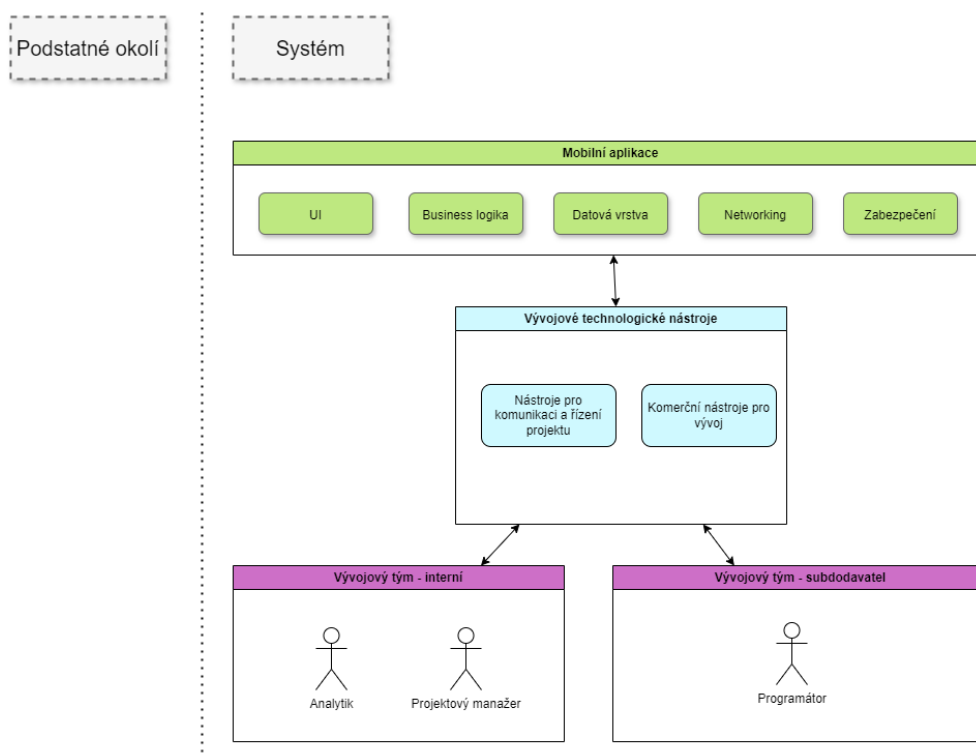
Obr. 14 V2-1 – Návř aplikace

Efekty zavedení optimalizačních opatření v tomto subsystému:

- použití komerčních výkonných technologií:
 - zrychlení návrhu aplikace kvalitními technologickými nástroji pro modelování a návrh aplikace (CASE nástroje, UI/UX design),
 - zrychlení odsouhlasení návrhu aplikace se zákazníkem prostřednictvím rychlých a přehledných výstupů z těchto nástrojů.
- minimalizace UI:
 - úspora času na návrh specifického UI.
- redukce funkcí aplikace na klíčové prvky:
 - úspora času při návrhu nižšího počtu funkcí.

- využití subdodavatele:
 - paralelizace probíhajících návrhů UI, zabezpečení, testování i nasazení.
- opakované využití vlastních řešení:
 - úspora času při návrhu nových řešení.

Subsystem Vývoj aplikace



Zdroj: Autorka

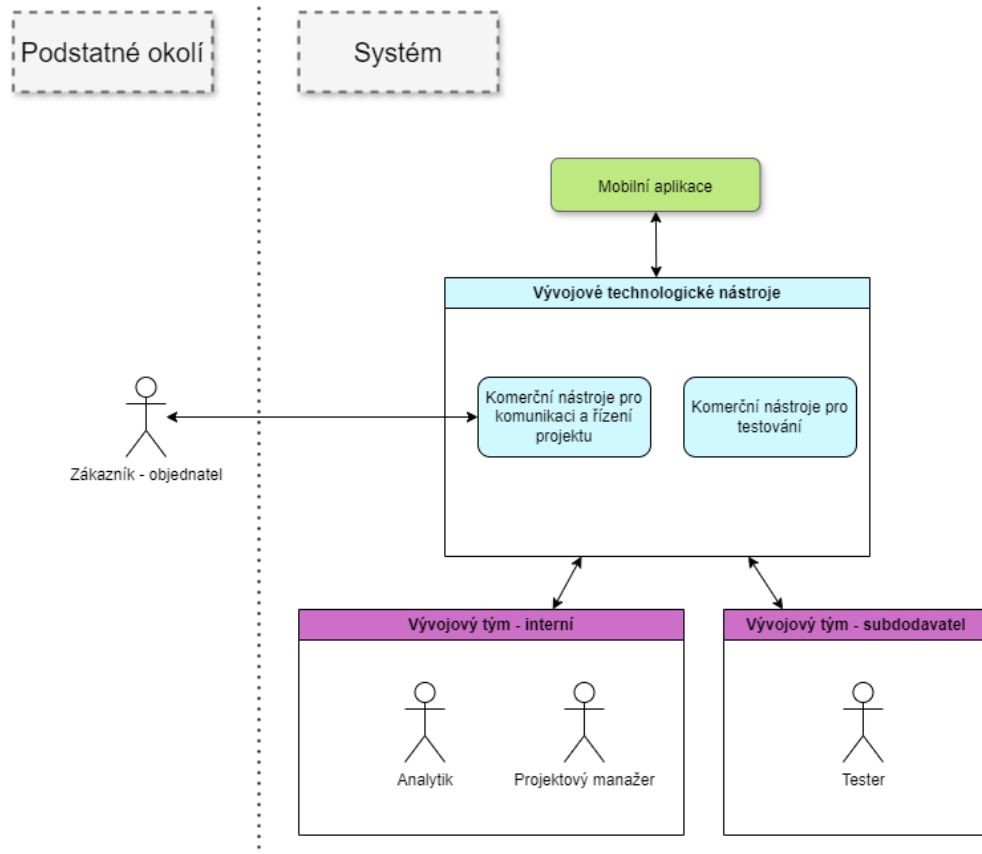
Obr. 15 V2-1 – Vývoj aplikace

Efekty zavedení optimalizačních opatření v tomto subsystému:

- použití komerčních výkonných technologií:
 - zde ve formě např. technologie pro automatické doplňování kódu, refaktorování, integrované ladění atd. – zrychlení a zkvalitnění vývoje.
- minimalizace UI:
 - redukce časové náročnosti vývoje UI.
- redukce funkcí aplikace na klíčové prvky:
 - redukce časové náročnosti vývoje funkcí.
- využití subdodavatele:
 - paralelizace procesů,
 - využití chybějícího experta s vyšším výkonem.
- opakované využití vlastních řešení:
 - redukce časové náročnosti vývoje včetně opravy chyb při použití ověřených a otestovaných řešení.

- minimalizace dokumentace:
 - úspora času při vytváření menšího rozsahu dokumentace včetně případných změn.

Subsystém Testování



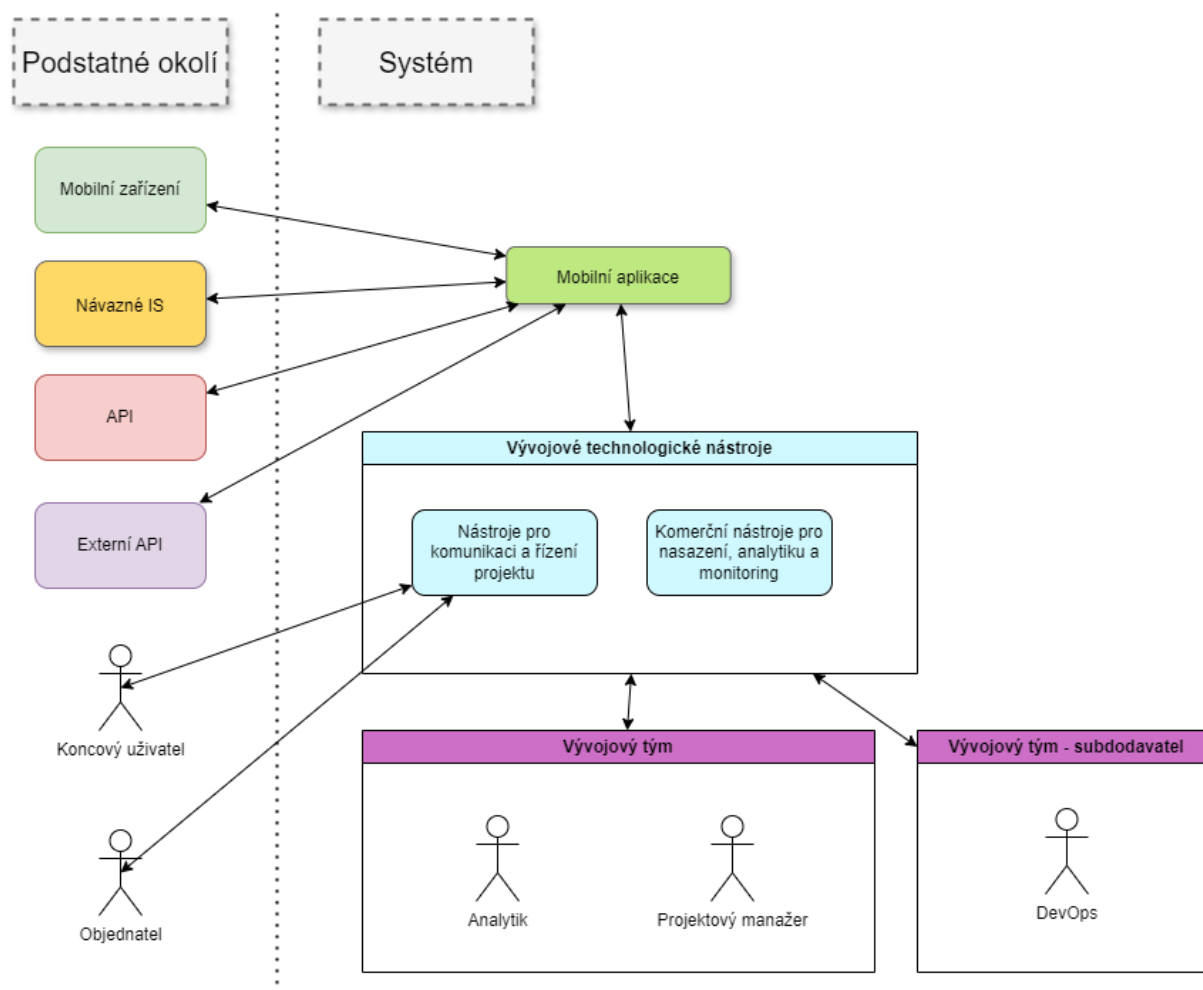
Zdroj: Autorka

Obr. 16 V2-1 – Testování

Efekty zavedení optimalizačních opatření v tomto subsystému:

- použití komerčních výkonných technologií:
 - použití výkonných nástrojů pro testování umožňuje jednak kvalitnější testování (např. použití nástrojů pro simulaci více platforem bez nutnosti provádění testů na fyzických zařízeních), jednak zrychlení komunikace při interních i UAT testech a následných opravách (např. Spira).
- minimalizace UI:
 - méně testovacích případů, zrychlení testování.
- redukce funkcí aplikace na klíčové prvky:
 - méně testovacích případů, zrychlení testování.
- využití subdodavatele:
 - paralelizace procesů – testování více testovacích případů souběžně.
- minimalizace dokumentace:
 - menší rozsah testovací dokumentace.

Subsystém Nasazení



Zdroj: Autorka

Obr. 17 V2-1 – Nasazení

Efekty zavedení optimalizačních opatření v tomto subsystému:

- použití komerčních výkonných technologií:
 - robustní a škálovatelné řešení pro nasazení, správu a optimalizaci mobilních aplikací.
- využití subdodavatele:
 - přístup ke speciálním odbornostem, které firma aktuálně není schopná zajistit vlastními kapacitami (automatizace nasazení, technologie kontejnerů a virtualizací apod.).
- opakované využití vlastních řešení:
 - možnost využití vlastního již existujícího způsobu distribuce – snížení času na vývoj.

Shrnutí Varianty 2 – Alternativy 1

Využití pokročilých technologií ve všech fázích vývoje aplikace přinese významné zrychlení celého procesu – s předpokladem dostatečného financování projektu a odbornou zkušeností týmu s danými nástroji, aby nedocházelo ke zdržení způsobenému nutností jejich dodatečného učení.

V případě nemožnosti využití těchto technologií lze s výhodou začlenit do týmu subdodavatele. Využití subdodavatele umožňuje i paralelizaci procesů – např. zapojení většího počtu programátorů. Je důležité využít spolupráci s ověřenými subdodavateli, kteří se navíc rychle integrují do vývojového týmu, aby nedošlo k časové ztrátě při vybírání vhodného a kvalitního subdodavatele. Zvýšené nároky na koordinaci a rozhodovací procesy lze efektivně zvládnout použitím kvalitního nástroje pro komunikaci a řízení projektů napříč všemi fázemi vývoje. Stejně jako u Varianty 1 platí, že opatření zaměřená na redukci UI, dokumentace a implementaci jen nejdůležitějších funkcí jsou z pohledu zrychlení vývoje efektivní, ale jejich vliv na finální produkt je nutné konzultovat se zákazníkem, aby byly naplněny podstatné potřeby zákazníka. Při implementaci pouze klíčových funkcí je vhodné zvážit, zda bude vývoj aplikace později pokračovat, což by umožnilo výhodně kombinovat tento přístup s flexibilním a škálovatelným řešením.

Tato varianta je ideální pro projekty s dostatečným financováním, kde je kladen nejvyšší důraz na maximální rychlost realizace a kde lze případně omezit postradatelné funkčnosti aplikace a jejího UI. Implementací všech navržených optimalizačních opatření současně lze dosáhnout významného urychlení vývoje a rychlého dokončení požadované mobilní aplikace.

Varianta 2 – Alternativa 2

V této alternativě je prioritou co nejkratší vlastní proces vývoje aplikace a nejrychlejší předání aplikace zákazníkovi a zároveň dodržení omezeného rozpočtu v projektu.

Identifikovaná vhodná optimalizační opatření:

- použití bezplatných/open-source technologií,
- minimalizace UI,
- redukce funkcí aplikace na klíčové prvky,
- redukce velikosti vývojového týmu,
- minimalizace dokumentace,
- opakované využití vlastních řešení.

Je zřejmé, že se shodují s opatřeními, která byla aplikována ve variantě 1. Popisy jednotlivých subsystémů včetně diagramů jsou taktéž stejné jako u varianty 1, nebudou proto uváděny znovu. V následujícím shrnutí optimalizace systému pro tuto variantu uvedena doporučení v kontextu této varianty, tzn. se zaměřením na nejrychlejší proces vývoje.

Shrnutí Varianty 2 – Alternativy 2

Nasazení open-source technologií v této variantě umožňuje zrychlení vývoje díky hotovým řešením, flexibilní integraci a podpoře komunity. Snížení počtu členů týmu usnadňuje komunikaci a koordinaci, i když tak omezuje specializaci týmu. Minimalizace uživatelského rozhraní, dokumentace a funkcionalit na klíčové prvky je efektivní z hlediska rychlosti, ale vyžaduje ověření u zákazníka, zda splňuje jeho požadavky. Pokud bude vývoj pokračovat, je vhodné tato opatření kombinovat s flexibilním a škálovatelným přístupem. Automatizace testování zrychluje proces,

vyžaduje dostupnost nástrojů a školených testerů. Standardizace procesů, opakované využití interních řešení a agilní přístup jsou efektivní při odpovídající investici do jejich zavedení.

Tato varianta je vhodná pro menší a střední projekty, které nevyžadují komplexní funkce, jako je pokročilé uživatelské rozhraní nebo vysoké zabezpečení. Je také vhodná pro projekty, kde lze flexibilně definovat funkcionality a implementovat pouze klíčové prvky, které odpovídají hlavním potřebám uživatelů. Jak bylo touto analýzou zjištěno, i přes odlišné priority Varianty 1 a této alternativy u Varianty 2, jsou vhodná velmi podobná optimalizační opatření. Při jejich implementaci se u konkrétních projektů již vývojový tým zaměří na potřebné preference.

6.5.3 Varianta 3 – Nejvyšší kvalita aplikace

Varianta zaměřená na nejvyšší kvalitu klade důraz na precizní zpracování všech aspektů mobilní aplikace – kvalitní kód, optimalizované UI a UX, zajištění vysoké spolehlivosti v různých podmínkách, důkladné testování, zajištění spolehlivé distribuce k uživatelům atd. Jsou používány výkonné technologie a postupy pro návrh, vývoj i testování aplikace. Je k dispozici dostatečný rozpočet, který dovoluje použití kvalitních technologických nástrojů a expertní podporu v různých fázích vývoje.

Subsystém Sběr, analýza a specifikace požadavků

Weltanschauung: definovat požadavky na vývoj s cílem zajištění vysoké kvality výsledné aplikace a její distribuce

Subsystém Návrh aplikace

Weltanschauung: vytvoření návrhu procesu vývoje se zaměřením na maximální kvalitu produktu

Subsystém Vývoj aplikace

Weltanschauung: naprogramovat mobilní aplikaci se zaměřením na maximální kvalitu

Subsystém Testování

Weltanschauung: testování hotové aplikace se zaměřením na preciznost testování

Subsystém Nasazení

Weltanschauung: nasazení a distribuce aplikace podle návrhu

Návrh optimalizace systému

Identifikovaná vhodná optimalizační opatření:

- použití komerčních výkonných technologií,
- využití subdodavatele.

Z hlediska prvků a vazeb v systému byly identifikovány stejné subjekty jako u Varianty 2 Alternativy 1, a proto nebudou schémata opakována. Dále jsou popsány efekty navržených optimalizačních opatření, která jsou pro tuto variantu specifická:

Subsystém Sběr, analýza a specifikace požadavků

Efekty zavedení optimalizačních opatření v tomto subsystému:

- použití komerčních výkonných technologií:
 - pokročilé možnosti pro správu požadavků, sledování změn, automatizované workflow apod. zajistí přesné a podrobné zachycení požadavků.

Subsystém Návrh aplikace

Efekty zavedení optimalizačních opatření v tomto subsystému:

- použití komerčních výkonných technologií:
 - robustní nástroje pro modelování a návrh aplikace (CASE nástroje, UI a UX design apod.) zabezpečí kvalitní návrh aplikace včetně pohodlné prezentace zákazníkovi.
- využití subdodavatele:
 - zvýšení kvality návrhu aplikace umožňuje především zapojení expertních specialistů, kteří nejsou aktuálně k dispozici v interním vývojovém týmu – např. expert na UI/UX design, na kybernetickou bezpečnost, programátora s hlubokými znalostmi konkrétní technologie apod.

Subsystém Vývoj aplikace

Efekty zavedení optimalizačních opatření v tomto subsystému:

- použití komerčních výkonných technologií:
 - nástroje pro správu verzí, analýzu kódu a detekci chyb s pokročilými funkcemi refaktorování a debugingu umožňují efektivní správu kódu, rychlou identifikaci a opravu chyb a kontinuální zlepšování struktury aplikace.
- využití subdodavatele:
 - využití externích programátorů s expertními znalostmi specifických technologií, které interní tým postrádá, zajišťuje vysoce kvalitní vývoj aplikace.

Subsystém Testování

Efekty zavedení optimalizačních opatření v tomto subsystému:

- použití komerčních výkonných technologií:
 - poskytují výkonné automatizační funkce, které umožňují podrobné, efektivní a opakované testování s minimem chyb.
- využití subdodavatele:
 - využití externího subdodavatele specializovaných na speciální testovací technologie (např. penetrační testování apod.) zajistí vysokou úroveň testování; další výhodou je

nezaujatý přístup k aplikaci, což zvyšuje pravděpodobnost odhalení chyb či zranitelností, které by interní tým mohl přehlédnout.

Subsystém Nasazení

Efekty zavedení optimalizačních opatření v tomto subsystému:

- použití komerčních výkonných technologií:
 - pokročilé nástroje poskytují automatizaci a bezpečné nasazení aplikací v různých prostředích s možnostmi integrace a kontejnerizace aplikací.
- využití subdodavatele:
 - využití externího odborníka je výhodné zejména při použití speciální distribuce jako MDM apod.

Shrnutí Varianty 3

Využití komerčních výkonných technologií zajišťuje efektivní a kvalitní průběh vývoje a vede k vytvoření robustních a kvalitních aplikací. Zapojení subdodavatelů s odbornými znalostmi posiluje kvalitu vývoje díky přístupu k expertům, které interní tým nemá. Standardizace procesů zabezpečuje dodržování osvědčených pracovních metod, což zvyšuje kvalitu výsledného produktu. Automatizace testování urychluje a zefektivňuje testovací cykly, čímž snižuje riziko chyb a zvyšuje spolehlivost.

6.5.4 Varianta 4 – Nejvyšší zabezpečení aplikace

Varianta zaměřená na nejvyšší zabezpečení klade důraz na komplexní zabezpečení všech prvků při používání mobilní aplikace – od zajištění bezpečné komunikace s okolím, přístupu do aplikace, vlastních dat i možnosti zabezpečení mobilního zařízení. Při návrhu aplikace jsou voleny výkonné a bezpečné technologie, ve vývojovém týmu je přítomen bezpečnostní expert a je prováděno důkladné testování se zaměřením na bezpečnost používání aplikace (např. testování dle metodiky OWASP Mobile Security Testing Guide, penetrační testování apod.).

V řešené oblasti práce, tzn. v mobilních aplikacích pro provoz železniční dopravy, jde např. o aplikace napojené na IS, které zpracovávají citlivé údaje o vlacích (např. data o jízdním řádu, dispečerské pokyny, aktuální umístění vozů, plánování údržby), kde neoprávněný přístup může mít přímé dopady na bezpečnost a plynulost provozu; dále může jít např. autorizaci a autentizaci uživatelů, kde by únik zaměstnaneckých přístupových údajů mohl znamenat neoprávněný přístup do jiných kritických IS apod.

Subsystém Sběr, analýza a specifikace požadavků

Weltanschauung: definovat požadavky na vývoj s cílem zajištění maximálního zabezpečení vlastní aplikace a návazných procesů

Subsystém Návrh aplikace

Weltanschauung: zajistit vysoké zabezpečení výsledného produktu a návazných procesů

Subsystém Vývoj aplikace

Weltanschauung: naprogramovat mobilní aplikaci dle provedeného návrhu se zaměřením na správnou implementaci zabezpečení

Subsystém Testování

Weltanschauung: testování hotové aplikace se zaměřením na bezpečnostní testování (např. metodika OWASP Mobile Security Testing Guide atd.)

Subsystém Nasazení

Weltanschauung: nasazení a distribuce aplikace podle návrhu se zaměřením na dodržení navržených bezpečnostních opatření

Návrh optimalizace systému

Identifikovaná vhodná optimalizační opatření:

- použití komerčních výkonných technologií,
- využití subdodavatele – bezpečnostní expert + tester + programátor + DevOps.

Je zřejmé, že navržená opatření jsou stejná jako u varianty 3. Prioritou varianty je zaměření na specifické zabezpečení, tzn. je předpokládán jiný typ odborníků ve vývojovém týmu – je přítomen bezpečnostní expert, není třeba využití UX designéra na pozici subdodavatele. Schémata systému jsou stejná jako pro variantu 3, nebudou tedy opakována. Efekty zavedených optimalizačních opatření jsou také obdobné, pouze se zaměřením na zabezpečení, z důvodu přehlednosti rovněž nebudou znovu uváděné.

Shrnutí Varianty 4

Využití výše uvedených komerčních technologií významně přispívá ke zlepšení zabezpečení v oblastech identifikace potřeb zabezpečení, návrhu, vývoje aplikace a její distribuce ke koncovým uživatelům. V případě, že ve vývojovém týmu chybí experti s hlubokými znalostmi v oblasti kyberbezpečnosti, je doporučeno využít externí subdodavatele s tímto zaměřením. Stejně tak specializované penetrační testování, vyžadující pokročilé nástroje a odborné znalosti, které většinou nejsou k dispozici v běžném vývojovém týmu. Z důvodu důrazu na komplexní ošetření všech rizik je nezbytné provést pečlivé testování aplikace se zaměřením na možné útoky a zranitelnosti, proto je výhodné použití automatizovaného testování, které umožňuje důkladné a opakovatelné testování aplikace.

Tato varianta je efektivní u dobře financovaných projektů, kde lze zajistit kvalitní technologie a využití specializovaných bezpečnostních expertů a zajistit tak implementaci vysoké úrovně zabezpečení.

6.5.5 Varianta 5 – Flexibilita a škálovatelnost

Tato varianta je zaměřena na flexibilitu aplikace i celého procesu jejího vývoje. Zároveň klade důraz na škálovatelnost řešení, což umožňuje budoucí snadné změny, přizpůsobení a rozšiřování podle aktuálních potřeb. Vhodně navržená modulární řešení lze poté využít v dalších projektech. V této variantě je obzvláště výhodné použití standardizace procesů, které ve své podstatě využívá hotové a ověřené postupy, a agilního vývoje, který je zaměřen právě na flexibilitu procesů.

Subsystém Sběr, analýza a specifikace požadavků

Weltanschauung: definovat požadavky na vývoj s cílem vytvořit rozšiřitelný a flexibilní produkt

Subsystém Návrh aplikace

Weltanschauung: provést návrh rozšiřitelné a flexibilní aplikace

Subsystém Vývoj aplikace

Weltanschauung: naprogramovat mobilní aplikaci dle provedeného návrhu

Subsystém Testování

Weltanschauung: standardní testování hotové aplikace

Subsystém Nasazení

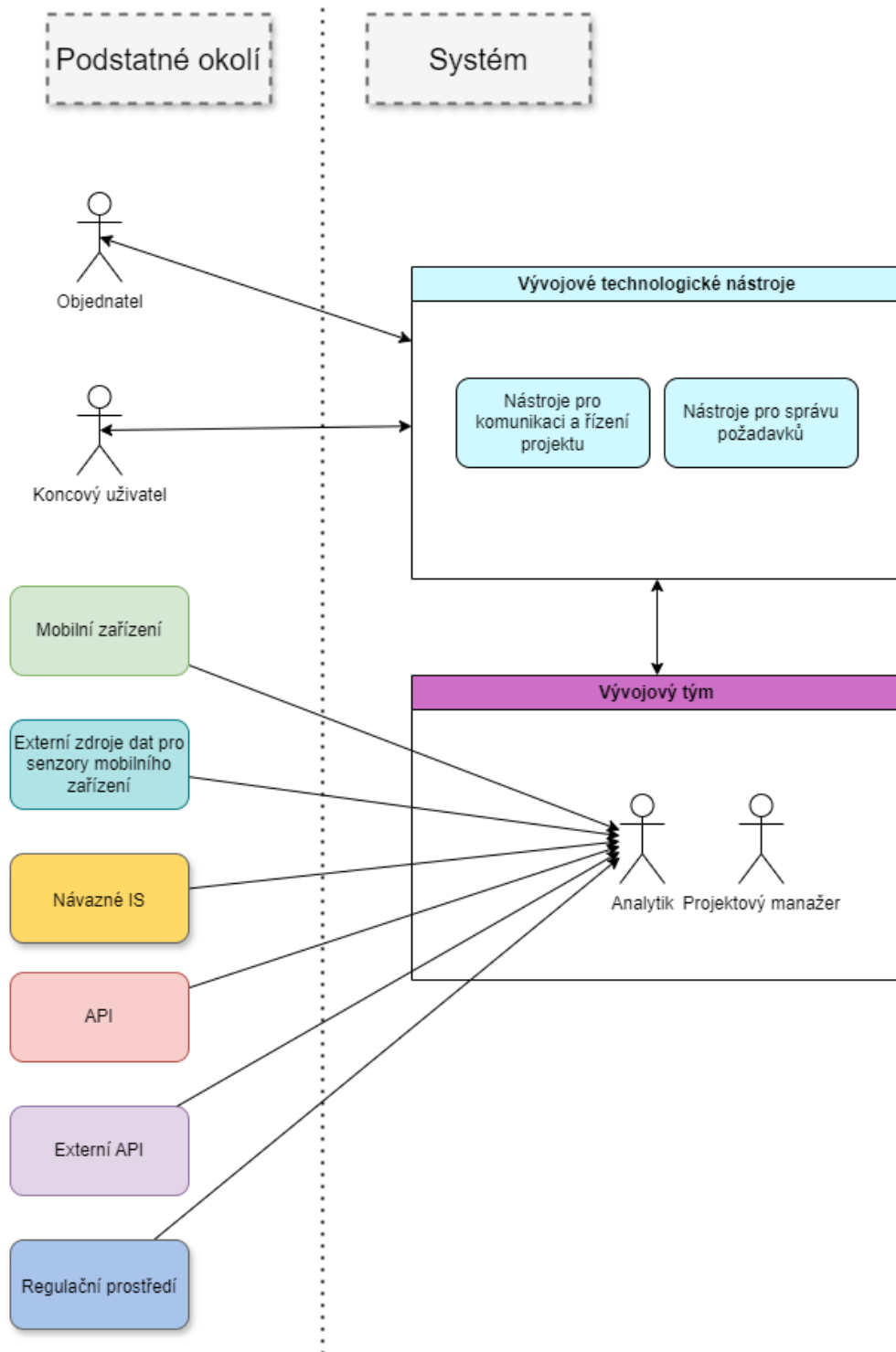
Weltanschauung: nasazení a distribuce aplikace podle návrhu

Návrh optimalizace systému

Identifikovaná vhodná optimalizační opatření:

- minimalizace UI – v kontextu rozdělení na menší, znovupoužitelné a vzájemně kombinovatelné moduly,
- redukce funkcí aplikace – v kontextu rozdělení na menší, znovupoužitelné a vzájemně kombinovatelné moduly,
- opakované využití vlastních řešení,
- minimalizace dokumentace.

Subsystém Sběr, analýza a specifikace požadavků



Zdroj: Autorka

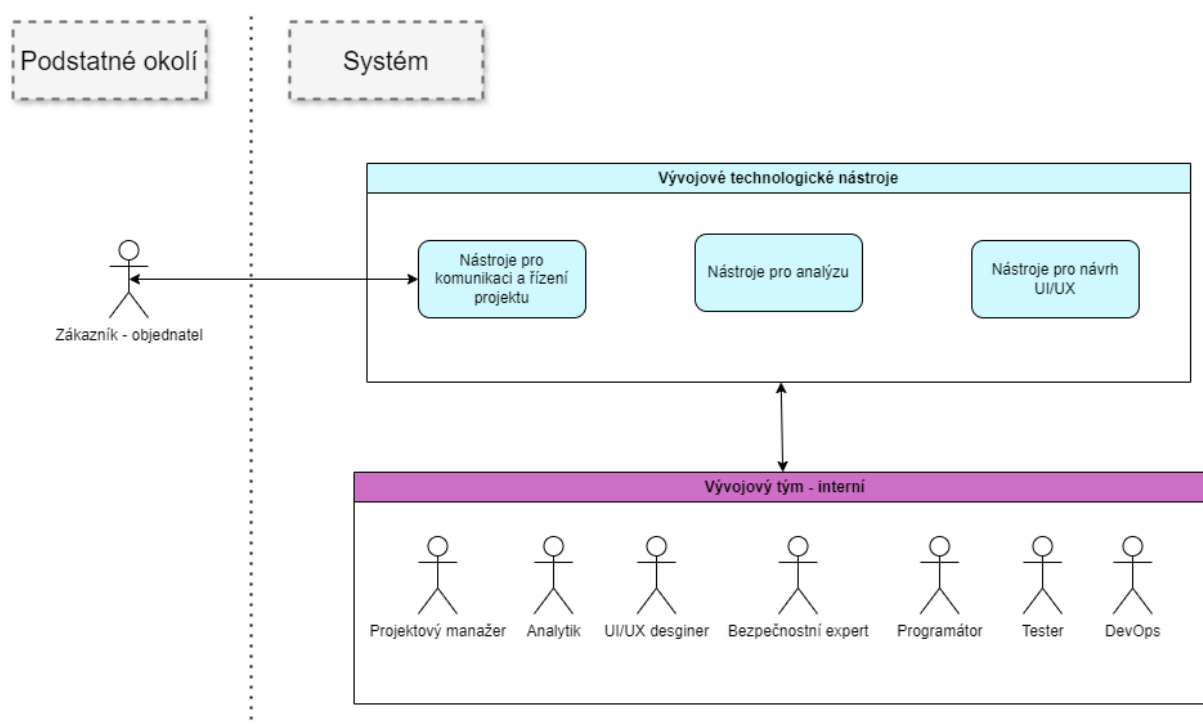
Obr. 18 V5 – Sběr, analýza a specifikace požadavků

Efekty zavedení optimalizačních opatření v tomto subsystému:

- minimalizace UI:
 - flexibilní při měnících se požadavcích zákazníka,

- rozšiřitelné modulární řešení.
- redukce funkcí aplikace:
 - flexibilní při měnících se požadavcích zákazníka,
 - rozšiřitelné modulární řešení.
- minimalizace dokumentace:
 - flexibilní při měnících se požadavcích zákazníka,
 - rozšiřitelné modulární řešení.

Subsystem Návrh aplikace



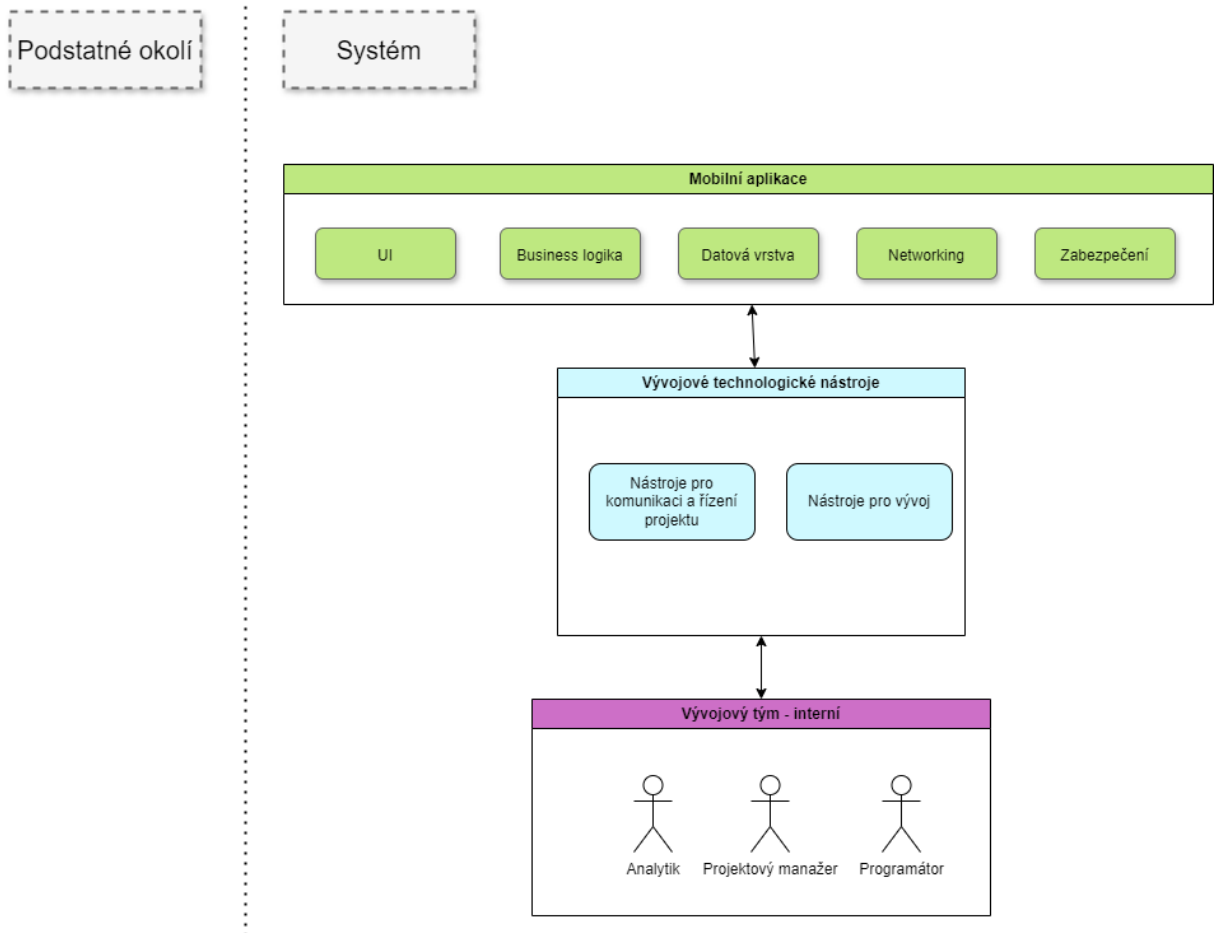
Zdroj: Autorka

Obr. 19 V5 – Návrh aplikace

Efekty zavedení optimalizačních opatření v tomto subsystému:

- minimalizace UI + opakované využití vlastních řešení:
 - využití již připravených modulárních návrhů včetně podkladů pro zákazníka.
- redukce funkcí aplikace + opakované využití vlastních řešení:
 - využití již připravených modulárních návrhů včetně podkladů pro zákazníka.

Subsystém Vývoj aplikace



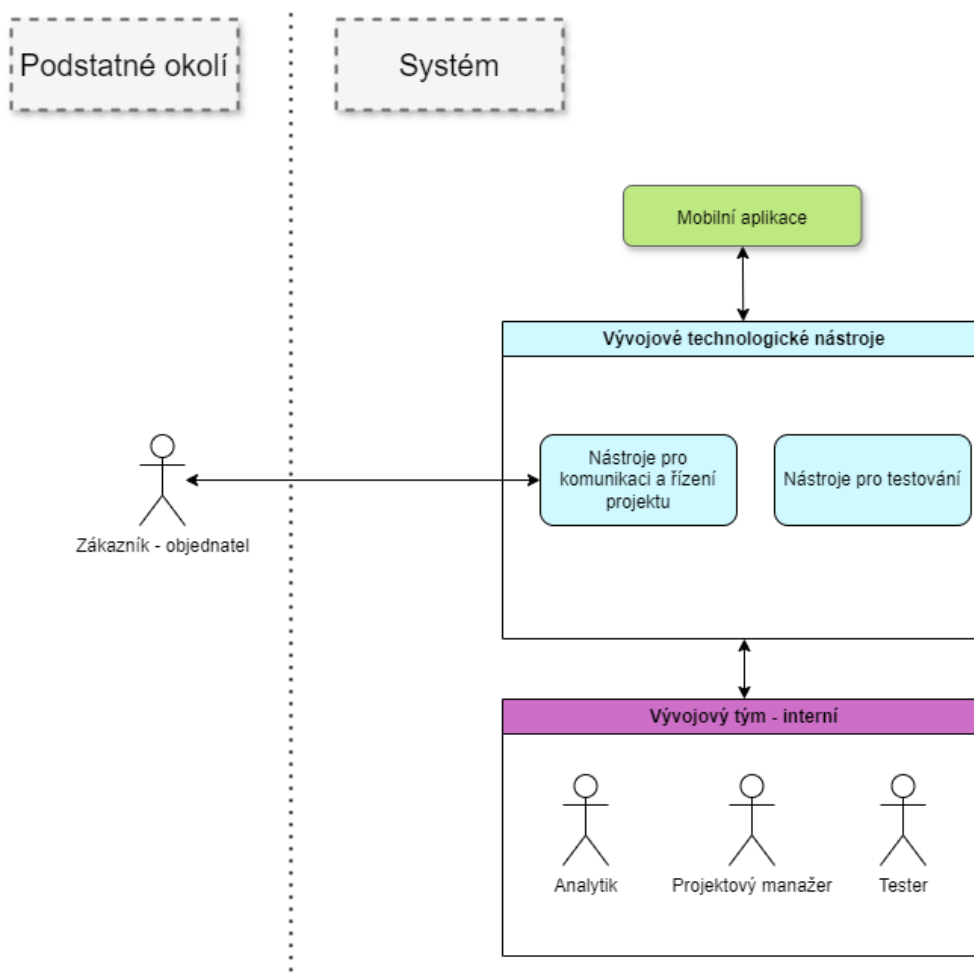
Zdroj: Autorka

Obr. 20 V5 – Vývoj aplikace

Efekty zavedení optimalizačních opatření v tomto subsystému:

- minimalizace UI + opakované využití vlastních řešení:
 - využití již připravených modulů aplikace.
- redukce funkcností + opakované využití vlastních řešení:
 - využití již připravených modulů aplikace.
- opakované využití vlastních řešení:
 - použití vlastních připravených šablon pro dokumentaci.
- minimalizace dokumentace:
 - flexibilní reakce při nutnosti úpravy dokumentace.

Subsystem Testování



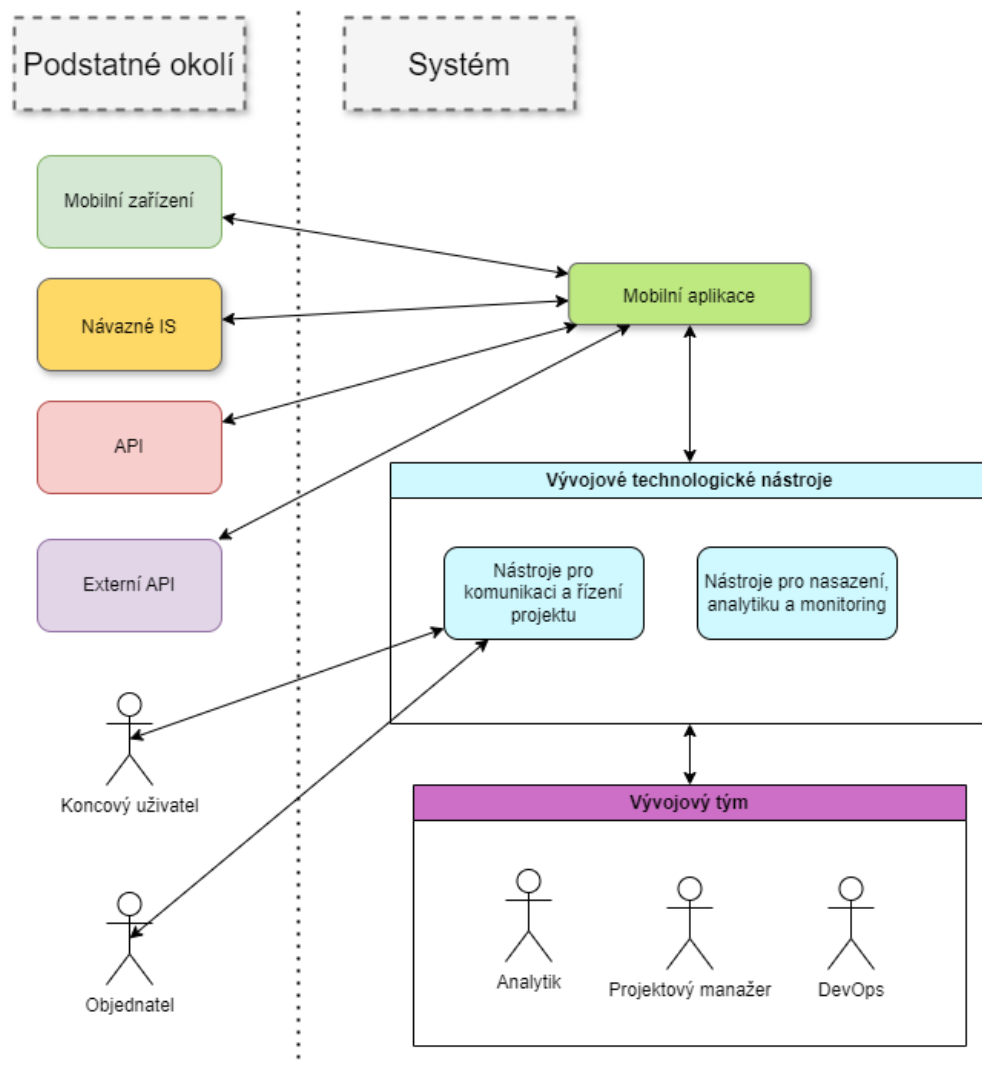
Zdroj: Autorka

Obr. 21 V5 – Testování

Efekty zavedení optimalizačních opatření v tomto subsystému:

- opakované využití vlastních řešení:
 - již připravené testovací scénáře.

Subsystém Nasazení



Zdroj: Autorka

Obr. 22 V5 – Nasazení

Efekty zavedení optimalizačních opatření v tomto subsystému:

- opakované využití vlastních řešení:
 - opakované využití vlastního řešení nasazení a distribuce (vlastní MDM, již zavedený účet v obchodech s aplikacemi atd.).

Shrnutí Varianty 5:

Tato varianta systému je vhodná pro několik typů projektů. Jedná se jednak o projekty, u nichž se předpokládá potřeba flexibility v celém procesu vývoje aplikace – např. předpoklad změn požadavků zákazníka, změny v aktuálních kapacitách vývojového týmu atd. Dále je vhodná pro aplikace, kde je předpokládán jejich budoucí rozvoj a pro projekty, které nejsou úzce specializované a umožňují použití navržených standardních řešení.

Vytvořením sady univerzálních, předpřipravených a snadno rozšiřitelných komponent mohou týmy efektivně reagovat na měnící se potřeby zákazníků a zaručit snadnou integraci nových funkcionalit do stávajícího systému. Tato přístupnost a flexibilita zároveň přispívají k optimalizaci nákladů a časové efektivity při realizaci projektů.

6.5.6 Kombinace variant

Výše uvedené varianty odrážejí hlavní priority, na něž je projekt zaměřen. V ideálním případě by ale zákazník samozřejmě chtěl, aby byl produkt dodán co nejrychleji, za co nejnižší náklady a zároveň v co nejvyšší kvalitě, i když je často zřejmé, že taková kombinace požadavků není vždy reálná. Cílem vývojářské firmy by ideálně bylo dosáhnout co nejvyššího zisku z produktu, což zahrnuje minimalizaci vlastních nákladů a efektivní využívání lidských zdrojů a mít zároveň co nejjednodušší podmínky – hladký proces vývoje, bez nečekaných problémů či komplikací.

Tyto cíle vedly autorku k otázce, zda by kombinace výše uvedených variant mohla přinést ještě větší výhody. Zvažování kombinace různých optimalizačních opatření napříč jednotlivými variantami by mohlo nabídnout nové možnosti, jak efektivněji vyvážit rychlost, náklady, kvalitu a flexibilitu vývoje, což by potenciálně vedlo k dosažení lepších výsledků pro obě strany – jak pro zákazníka, tak pro vývojářskou firmu.

6.5.7 Kombinace V1 a V2A2

Vzhledem k tomu, že pro Varianty 1 a Variantu 2 – Alternativu 2 byla identifikována stejná optimalizační opatření, se nabízí otázka, zda je možné tyto návrhy výhodně kombinovat. Prozkoumány proto budou možnosti jejich propojení a zhodnoceny dopady takového spojení na systém i na celý proces vývoje aplikace.

Určení kompatibility priorit

Již z výpočtů, provedených v kap. 6.4 je zřejmé, že tyto varianty lze poměrně efektivně zkombinovat. Výsledky funkce užítku pro obě varianty jsou podobné – viz tab. 21.

Tab. 21 Funkce užítku – kombinace variant

	<i>Varianta 1</i>	<i>Varianta 2 Alternativa 2</i>
Použití open-source technologií	0,649	0,571
Minimalistické uživatelské rozhraní	0,680	0,575
Redukce funkčností aplikace na klíčové prvky	0,605	0,529
Redukce velikosti vývojového týmu	0,537	0,500
Využití subdodavatele	0,471	/
Použití komerčních výkonných technologií	0,490	/
Minimalizace dokumentace	0,710	0,621
Opakované využití vlastních řešení	0,637	0,633

Zdroj: autorka

Sjednocením priorit obou výchozích variant je tedy zaměření na minimalizaci nákladů na projekt, co nejkratší průběh vývoje aplikace a nejrychlejší předání hotového produktu zákazníkovi.

Subsystem Sběr, analýza a specifikace požadavků

Weltanschauung: definovat požadavky na vývoj s cílem minimalizovat náklady a zajistit co nejrychlejší vývoj aplikace

Subsystem Návrh aplikace

Weltanschauung: zajistit co nejnižší náklady a nejrychlejší provedení při návrhu procesu vývoje

Subsystem Vývoj aplikace

Weltanschauung: naprogramovat mobilní aplikaci dle provedeného návrhu se zaměřením na minimalizaci nákladů i času

Subsystem Testování

Weltanschauung: testování hotové aplikace se zaměřením na minimalizaci nákladů i času

Subsystem Nasazení

Weltanschauung: nasazení a distribuce aplikace podle návrhu se zaměřením na minimalizaci nákladů i času

Identifikovaná vhodná optimalizační opatření:

- použití bezplatných/open-source technologií,
- minimalizace UI,
- redukce funkcí aplikace na klíčové prvky,
- redukce velikosti vývojového týmu,
- minimalizace dokumentace,
- opakované využití vlastních řešení.

Schémata prvků a vazeb jsou stejná, jako u obou variant, tzn. obr. 8 – obr.12, resp. obr.13 – obr.17, v kontextu použití subdodavatelů v projektu. Pro přehlednost již budou uvedeny efekty zavedení optimalizačních opatření v celém systému (ne rozepisovány detailně pro každý subsystém).

Efekty zavedení optimalizačních opatření:

- použití bezplatných/open-source technologií:
 - snížení nákladů díky absenci licenčních poplatků,
 - protože je kladen důraz i na rychlost, je třeba používat již ověřené a stabilní technologie, u kterých nebude v průběhu jejich implementace zjištěna např. nedostatečná podpora, náročnější procesy integrace apod., což může ohrozit rychlost vývoje.
- minimalizace UI:
 - zrychlení fáze návrhu, vývoje i testování zjednodušením UI.
- redukce funkcí aplikace na klíčové prvky:
 - rychlejší vývoj i úspora nákladů ve všech fázích vývoje.
- redukce velikosti vývojového týmu:
 - snížení mzdových nákladů,
 - může se prodloužit čas potřebný na dokončení projektu – je důležité v menším počtu pracovat vysoce efektivně – např. dodržování standardizovaných procesů (jasná komunikace, srozumitelné zadání pro programátora atd.).
- minimalizace dokumentace:
 - snížení nákladů i časové náročnosti.
- opakované využití vlastních řešení:
 - rychlé použití osvědčených prvků – snížení nákladů i zrychlení,
 - minimalizace nutnosti dalších úprav.

Shrnutí kombinace variant V1 a V2A1

Kombinaci těchto priorit lze realizovat efektivně zavedením navržených optimalizačních opatření s důrazem na potenciálně slabá místa – tedy na prodlevy při implementaci nových technologií a na dostatečnou kapacitu vývojového týmu. Autorka tedy doporučuje se od počátku projektu zaměřit na plánování a efektivní využití dostupných zdrojů. Velkým přínosem bude použití standardizovaných procesů a agilních metodik, které umožňují rychlejší adaptaci na změny a lepší kontrolu nad vývojem projektu.

6.5.8 Kombinace V1 a V3/V4

Jak bylo řečeno, velmi často je v projektech vyvíjen tlak na co nejnižší rozpočet. Proto bude zkoumána kombinace variant se zaměřením na minimalizaci nákladů a zároveň dodržení co nejvyšší kvality aplikace, případně i jejího specifického zabezpečení.

Určení kompatibility priorit

Z výpočtů, provedených v kap. 6.4 je zřejmé, že tyto varianty se nesetkávají ve funkci užitku u žádného navrženého optimalizačního opatření – viz tab. 22.

Tab. 22 Funkce užitku – kombinace variant

	<i>Varianta 1</i>	<i>Varianta 3</i>	<i>Varianta 4</i>
Použití open-source technologií	0,649	0,289	0,387
Minimalistické uživatelské rozhraní	0,680	0,284	0,459
Redukce funkčností aplikace na klíčové prvky	0,605	0,261	0,358
Redukce velikosti vývojového týmu	0,537	0,241	0,297
Využití subdodavatele	0,471	0,511	0,553
Použití komerčních výkonných technologií	0,490	0,523	0,585
Minimalizace dokumentace	0,710	0,303	0,438
Opakované využití vlastních řešení	0,637	0,287	0,398

Zdroj: autorka

Aby bylo možné najít v tomto případě optimální řešení, bylo by třeba změnit váhy u jednotlivých opatření – tzn. zrevidovat priority v projektu. Je nutné definovat klíčové priority a ty, které mohou být upraveny. K tomuto účelu je vhodné opět použít polostrukturovaný rozhovor, kde se analytik a zákazník pokusí definovat nové priority. Je nutné zaměřit se na otázky:

- zda je potřebné dodržet nejvyšší kvalitu ve všech požadovaných aspektech aplikace,
- zda je možné zvýšit rozpočet projektu.

Co se týče specifického zabezpečení, zde je většinou nutné požadavky, kvalitně identifikované v první fázi sběru požadavků a potřeb, dodržet. Jejich nesplnění by mohlo mít kritické důsledky nejen na aplikaci a vlastní data, ale i na návazné informační systémy a další procesy, jak bylo uvedeno v kap. 2.1.

Shrnutí kombinace V1 a V3/V4

Kombinace těchto priorit není efektivně realizovatelná, protože pro zajištění kvalitní implementace v požadované šíři je vždy třeba mít k dispozici vyšší projektový rozpočet. Pro realizaci projektu autorka doporučila výše uvedená opatření.

6.5.9 Kombinace V2A1 a V3/V4

Tato kombinace klade důraz jednak na provedení aplikace ve vysoké kvalitě, případně na dodržení vysoké úrovně specifického zabezpečení, a zároveň na co nejrychlejší proces vývoje aplikace a dodání produktu zákazníkovi. Jak ukázala provedená analýza, kombinace vysoké úrovně specifického zabezpečení a požadované kvality ve všech ostatních aspektech aplikace je realizovatelná, přičemž znamená „pouze“ navýšení nákladů na projekt. Není tedy nutné analyzovat tyto požadavky odděleně, neboť se jedná o variantu zvažované možnosti. V projektu tedy předpokládáme dostatečný rozpočet.

Určení kompatibility priorit

Z výpočtů, provedených v kap. 6.4, se tyto varianty setkávají v těchto navržených opatřeních – viz tab. 23.

Tab. 23 Funkce užítku – kombinace variant

	<i>Varianta 2 Alternativa 1</i>	<i>Varianta 3</i>	<i>Varianta 4</i>
Použití open-source technologií	/	0,289	0,387
Minimalistické uživatelské rozhraní	0,575	0,284	0,459
Redukce funkčností aplikace na klíčové prvky	0,529	0,261	0,358
Redukce velikosti vývojového týmu	/	0,241	0,297
Využití subdodavatele	0,508	0,511	0,553
Použití komerčních výkonných technologií	0,528	0,523	0,585
Minimalizace dokumentace	0,621	0,303	0,438

	<i>Varianta 2 Alternativa 1</i>	<i>Varianta 3</i>	<i>Varianta 4</i>
Opakované využití vlastních řešení	0,633	0,287	0,398

Zdroj: autorka

Sjednocením priorit obou výchozích variant je tedy zaměření na vysokou kvalitu aplikace a její distribuce ke koncovému uživateli (variantně včetně specifického zabezpečení) a zajištění co nejkratšího průběh vývoje aplikace a předání hotového produktu zákazníkovi.

Subsystém Sběr, analýza a specifikace požadavků

Weltanschauung: definovat požadavky na vývoj s cílem zajištění vysoké kvality aplikace (specifického zabezpečení) v co nejkratším čase

Subsystém Návrh aplikace

Weltanschauung: provést návrh procesu vývoje, který bude možné provést v co nejkratším čase s cílem zajištění vysoké kvality aplikace (specifického zabezpečení)

Subsystém Vývoj aplikace

Weltanschauung: naprogramovat mobilní aplikaci dle provedeného návrhu v co nejkratším čase

Subsystém Testování

Weltanschauung: kvalitní testování hotové aplikace v co nejkratším čase

Subsystém Nasazení

Weltanschauung: nasazení a distribuce aplikace podle návrhu v co nejkratším čase

Identifikovaná vhodná optimalizační opatření:

- použití komerčních výkonných technologií,
- využití subdodavatele.

Schémata prvků a vazeb jsou stejná jako u V3.

Efekty zavedení optimalizačních opatření:

- použití komerčních výkonných technologií:
 - vytvoření kvalitní a vysoce zabezpečené mobilní aplikace,
 - urychlení celého procesu vývoje a distribuce,
 - aby jejich implementace nevedla naopak ke zpožděním způsobeným nutností zaučení, vývojový tým musí mít dostatečné znalosti a zkušenosti s prací s těmito technologiemi.
- využití subdodavatele:
 - expertní znalosti v potřebných oblastech – kvalitnější výsledky,

- paralelizace prací – úspora času,
- je důležité volit prověřené subdodavatele, aby se předešlo případným problémům či zpožděním v projektu.

Shrnutí kombinace V2A1 a V3/V4

Kombinaci těchto dvou priorit lze úspěšně realizovat za použití výše uvedených opatření. Je třeba počítat se zvýšenými náklady na projekt a klást důraz na efektivní správu času při volbě technologií i subdodavatelů, což znamená vybírat ověřené varianty s prokazatelně rychlými výsledky, které předejdou možným časovým prodlevám.

6.5.10 Kombinace V1 a V2 a V3/V4

Ideálním stavem pro zákazníka i vývojářskou firmu je dosažení co nejvyšší kvality produktu, nejnižší ceny a nejrychlejšího vývoje. Na základě výsledků z předchozí systémové analýzy bude zkoumáno, zda je možné dosáhnout maximálního naplnění těchto požadavků v procesu vývoje.

Z výpočtů, provedených v kap. 6.4 je zřejmé, že se tyto varianty společně neshodují ve míře funkce užítku u žádného navrženého optimalizačního opatření – viz tab. 24.

Tab. 24 Funkce užítku – kombinace variant

	<i>Varianta 1</i>	<i>Varianta 2</i>	<i>Varianta 3</i>	<i>Varianta 4</i>
Použití open-source technologií	0,649	0,571	0,289	0,387
Minimalistické uživatelské rozhraní	0,680	0,575	0,284	0,459
Redukce funkčností aplikace na klíčové prvky	0,605	0,529	0,261	0,358
Redukce velikosti vývojového týmu	0,537	0,500	0,241	0,297
Využití subdodavatele	0,471	0,508	0,511	0,553
Použití komerčních výkonných	0,490	0,528	0,523	0,585
Minimalizace dokumentace	0,710	0,621	0,303	0,438
Opakované využití vlastních řešení	0,637	0,633	0,287	0,398

Zdroj: autorka

Tato kombinace je ostatně námětem odborných analýz již dlouhá léta a je používáno zažité heslo „Good, fast, cheap – pick two.“ Tento princip, který je shrnut i pro oblast mobilních aplikací ve studii MacQueenové (2022), potvrzuje, že obvykle není možné dosáhnout všech tří aspektů najednou – rychlé a levné projekty nemají nejvyšší kvalitu, rychlé a kvalitní jsou nákladné a kvalitní a levné projekty vyžadují více času.

Pro nalezení optimálního řešení je potřeba znovu nastavit priority projektu prostřednictvím úpravy vah jednotlivých kritérií v projektu. Důležité je jasně určit hlavní priority a ty, které lze případně přizpůsobit. Doporučuje se opět využít strukturovaný rozhovor dle návrhu v kap. 6.2, ve kterém analytik spolu se zákazníkem projdou možnosti a určí případné nové priority projektu.

Je nutné zaměřit se na otázky:

- Je nutné dodržet nejvyšší úroveň kvality ve všech aspektech aplikace?
- Je možné posunout dodání aplikace na později?
- Je možné navýšit rozpočet?
- Je možné některou funkčnost aplikace (včetně sofistikovanosti UI apod.) vypustit nebo odložit na později? – zde lze s výhodou použít doporučené modulární řešení aplikace – viz kap. 6.4.10 – již hotová vlastní řešení, flexibilita a škálovatelnost.

Co se týče specifického zabezpečení, zde je většinou nutné požadavky, kvalitně identifikované v první fázi sběru požadavků a potřeb, dodržet – viz vysvětlení výše.

Shrnutí kombinace V1 a V2 a V3/V4

Kombinace těchto priorit není efektivně realizovatelná, protože nelze současně dosáhnout všech tří priorit. Projekty zaměřené na rychlost a nízké náklady nedosahují nejvyšší kvality, rychlé a kvalitní projekty jsou finančně náročné, projekty s vysokou kvalitou a nízkými náklady vyžadují delší časový horizont. Tento vztah reflektuje známý kompromis mezi časem, náklady a kvalitou. Pro realizaci projektu autorka doporučila výše uvedená opatření.

6.6 Doporučení mobilního zařízení pro provozování aplikace

Pokud bylo při sběru požadavků zjištěno, že aplikace bude provozována převážně na jednotných služebních zařízeních a zákazník projeví zájem o doporučení vhodného mobilního zařízení, je žádoucí mít předem připravený postup pro jeho výběr.

Navržený postup vychází z identifikovaných klíčových parametrů ovlivňujících provoz mobilní aplikace a z aktuálních potřeb zákazníka, zjištěných při optimalizovaném sběru požadavků. Z aktuální nabídky je pak doporučeno zařízení, které splňuje stanovené požadavky v parametrech:

- operační systém,
- velikost displeje,
- technologické vybavení – GNSS přijímač, biometrické ověřování a bezpečnostní prvky, konektivita, podpora více SIM karet,
- odolnost, hmotnost, celková ergonomie,
- výdrž a výkon,
- cena.

Tento postup umožňuje efektivně doporučit zařízení, které odpovídá technickým potřebám a ekonomickým požadavkům zákazníka, a následně aplikaci plně přizpůsobit hlavním parametrům zařízení.

6.7 Shrnutí návrhu řešení

Autorka promítla specifické vlastnosti a potřeby mobilních aplikací v řešené oblasti do identifikovaných klíčových parametrů pro jejich navrhování a vývoj a doplnila je o požadavky vyplývající z právního a technického normativního rámce, tím definovala **hlavní oblasti**, na které se při návrhu metodiky zaměřila.

V úvodu metodiky autorka navrhla optimalizaci procesu **identifikace požadavků a potřeb** zákazníka na aplikaci. Představila rychlou a efektivní metodu **polostrukturovaného rozhovoru** a připravila konkrétní návod zaměřený na specifické potřeby v řešené oblasti. Tento přístup umožňuje získat jak zřejmé, tak skryté požadavky zákazníka, které následně slouží jako základ pro analýzu požadavků na aplikaci.

Následujícím bodem metodiky je identifikace rizik v procesu vývoje aplikace v konkrétním projektu. Autorka navrhla vytvoření **matice rizik**, která umožňuje přehledně a systematicky identifikovat klíčová rizika, ohodnotit jejich pravděpodobnost a dopad na projekt a navrhnout preventivní opatření.

Na základě provedené analýzy současného stavu a stanovených specifických potřeb aplikací v řešené oblasti autorka navrhla sadu **optimalizačních opatření** pro proces vývoje aplikace. Tato opatření cílí na různé aspekty optimalizace, jako je zrychlení vývoje, snížení nákladů nebo zlepšení kvality.

Na základě identifikovaných priorit projektů v řešené oblasti autorka vytvořila s pomocí SSM **pět variant systému** procesu vývoje. Tyto varianty se zaměřují na nejnižší cenu, nejrychlejší vývoj, nejvyšší kvalitu, nejvyšší zabezpečení aplikace a flexibilitu a škálovatelnost – a to jak samotné aplikace, tak procesu vývoje.

Pomocí metody vícekritériálního rozhodování autorka stanovila vhodnost jednotlivých optimalizačních opatření pro prioritní varianty systému. **Opatření**, která byla vyhodnocena jako efektivní, **implementovala do příslušných variant** a následně analyzovala jejich dopad na průběh vývoje a dosažení stanovených priorit. Dále provedla zvážení možnosti kombinace variant pro zvýšení efektivity procesu a výsledného produktu. U některých variant se prokázala možnost jejich úspěšné kombinace, některé kombinace realizovatelné nejsou. V těchto případech autorka navrhla postupy, jak hledat alternativní řešení projektu ve spolupráci se zákazníkem – např. úpravy požadavků na kvalitu, termín dodání, rozpočet nebo funkčnost aplikace.

Autorka navrhla možnost **doporučení vhodného mobilního zařízení** v případě, že aplikace bude primárně provozována na jednotném typu zařízení. Toto doporučení vychází z identifikovaných klíčových parametrů zařízení pro efektivní provoz aplikace v řešené oblasti.

Tak je možné již během vývoje je možné optimalizovat aplikaci na konkrétní technické parametry zvoleného zařízení.

Řešení vychází ze specifických potřeb mobilních aplikací v řešené oblasti a systematicky pokrývá klíčové oblasti vývoje s ohledem na právní i technické požadavky. Díky této cílené optimalizaci jednotlivých kroků metodika nabízí komplexní přístup ke zvýšení efektivity a přidané hodnoty výsledných aplikací i samotného procesu vývoje.

7 Ověření metodiky pro návrh mobilní aplikace

V této kapitole bude navržená metodika ověřena prostřednictvím návrhu aplikace, který vychází z jejích principů.

Autorka si pro demonstraci využití metodiky zvolila mobilní aplikaci, která bude sloužit jako podpora pro provozní pracovníky – tranzitéry, vozmistry a strojvedoucí – pro používání IS PRIS při sběru dat přímo v kolejišti. V současnosti je pro tyto účely používána aplikace MPRIS, proto autorka zvolila vypracování její nové verze – tato volba umožní objektivní porovnání vývoje aplikace před zavedením metodiky a s jejím využitím.

PRIS je informační systém určený pro stanice, zejména seřaďovací, a slouží jako podpora těchto provozních činností:

- obsluha vlaků po příjezdu (končící vlaky a tranzitní vlaky odvěšující zátěž),
- obsluha vlaků před odjezdem (výchozí vlaky a tranzitní vlaky přivěšující zátěž),
- posun, zejména prvotní třídění došlé tranzitní i místní zátěže,
- převzetí vlaků a vozů od jiných dopravců,
- předání vlaků a vozů jiným dopravcům.

Systém přijímá data z jiných IS (plány vlaků a informace o jízdě vlaků z DISC-OŘ, údaje o směrování prázdných vozů z ÚDIV, údaje o zásilkách z CNP, informace o vozech z PDV apod.). Na základě dat a údajů, zadaných provozními pracovníky, generuje různé typy zpráv a odesílá je do dalších IS – např. zpráva Složení vlaku ve formátu TAF TSI pro IS Compost SŽ, zprávy A30 a A40 do Hermes, zprávu Path Request do informačních systémů OLTIS a další.

Pro ověření navržené metodiky byla vybrána konkrétní část aplikace, která pokrývá všechny zásadní funkčnosti celého systému. Obsahuje klíčové prvky, jako je komunikace s návaznými informačními systémy, zpracování dat a požadavky na jejich formát. Výběr této části umožňuje validaci metodiky v plném rozsahu, neboť všechny její kroky – od analýzy požadavků přes návrh a implementaci až po vyhodnocení – jsou provedeny stejně jako při aplikaci na celý systém. Díky tomu lze získané poznatky zobecnit a využít pro širší kontext návrhu a vývoje mobilních aplikací.

Ověření bude provedeno na části „Vůz – Údaje z PDV“. Do tohoto formuláře jsou ze systému PDV stažena data o voze. Uživatel tato data kontroluje vzhledem k reálnému stavu vozu, případně edituje, a následně jsou odeslána zpět do PDV. Tato data jsou následně zdrojem (resp. jedním ze zdrojů) pro vytvoření popsané zprávy Train Composition.

7.1 Stanovení varianty systému

Z úvodních jednání se zákazníkem a ostatních relevantních informací vyplynuly tyto klíčové priority projektu:

- vysoká úroveň zabezpečení,
- spolehlivost a kvalita aplikace ve všech směrech (zpracování dat, specifické UI, ošetření režimů připojení k datové síti atd.).

Z vytvořené metodiky bude tedy použita kombinace variant 3 a 4 – vysoká úroveň specifického zabezpečení i požadované kvality ve všech ostatních aspektech aplikace. Tato kombinace bude dle navržené metodiky obsahovat tato optimalizační opatření, která budou implementována v příslušných fázích návrhu aplikace:

- použití komerčních výkonných technologií,
- využití subdodavatele,
- zavedení agilního vývoje,
- standardizace procesů,
- automatizace testování.

7.2 Úvodní opatření

Stanovení pracovního týmu

Na základě stanovených priorit projektu je dle metodiky stanoven pracovní tým takto:

- projektový manažer,
- analytik,
- specialista na UI – subdodavatel,
- specialista na kyberbezpečnost – subdodavatel,
- programátor,
- tester – interní,
- tester – penetrační testování – subdodavatel,
- specialista – MS Intune – subdodavatel.

Komunikace v průběhu projektu

Jak bylo uvedeno, řešená skupina aplikací je charakteristická specifickou skupinou zákazníků – velké firmy, se kterými vývojářská firma pravidelně spolupracuje. Velká část zákazníků v současnosti přechází na dlouhodobé využívání služeb společnosti Microsoft. Pro vývojářskou firmu je tedy výhodné přizpůsobit své procesy tak, aby tyto služby efektivně podporovaly. Za tímto účelem pořídí technologie a nástroje rovněž od společnosti Microsoft, které umožňují bezpečnou a rychlou integraci se zákaznickými systémy. V počáteční fázi zavádění těchto technologií budou pro efektivní zaškolení interních pracovníků využiti subdodavatelé s odbornými znalostmi. Náklady spojené s pořízením technologií a služeb subdodavatelů bude

hradit vývojářská firma, následně budou alokovány do jednotlivých projektů, kde jsou tyto technologie využívány. U této aplikace se jedná konkrétně o použití nástroje Microsoft Intune v subsystému Nasazení.

Pro komunikaci v celém průběhu vývoje mezi zúčastněnými stranami bude probíhat v komerčním placeném nástroji Jira. Vývojová firma i zákazník již využívají verzi **Jira Cloud**. Obě instance lze propojit a integrovat s nástrojem Confluence, což umožní sdílení komunikace, úkolů, dokumentace, reportů atd. V projektu je zapojeno také několik subjektů subdodavatelů – někteří také tento nástroj používají, někteří ne. Ti, kteří nástroj Jira nevlastní a nepoužívají, budou integrováni do procesu prostřednictvím vytvoření uživatelských účtů v instanci Jira spravované vývojářskou firmou. Tyto náklady nejsou započítány jako náklad v konkrétním projektu, ale jsou zahrnuty do celkového kalkulačního modelu nákladů firmy, a tím rozloženy napříč všemi realizovanými projekty.

7.3 Subsystém Sběr, analýza a specifikace požadavků

Sběr požadavků od zákazníka – polostrukturovaný rozhovor

Pro identifikaci požadavků a potřeb uživatele byl podle navržené metodiky použit polostrukturovaný rozhovor. Rozhovor byl proveden s analytikem odpovědným za systém PRIS, jehož mobilní nástavbou má být navrhovaná aplikace. Tento analytik dlouhodobě spolupracuje se zákazníkem, detailně zná jeho požadavky a funguje jako hlavní kontaktní osoba mezi vývojovým týmem a zákazníkem. Disponuje komplexním přehledem o aktuálních potřebách zákazníka, cílové skupině uživatelů a technických specifikacích stávajících systémů.

Aby byl rozhovor co nejvíce realistický a odpovídal běžným výzvám při sběru požadavků od zákazníka, byl veden tak, aby analytik simuloval chování zákazníka. To zahrnovalo situace, kdy zákazník není schopen jasně formulovat své potřeby, a vyžaduje aktivní vedení rozhovoru a doplňující otázky. Tím byl proces sběru požadavků přizpůsoben skutečnosti, že zákazníci často neznají technické detaily nebo si své požadavky plně neuvědomují. Celé znění rozhovoru je uvedeno v příloze G.

Na základě jasně cílených otázek bylo možné rychle a efektivně identifikovat následující požadavky na aplikaci.

Identifikace požadavků na aplikaci

Funkční požadavky

Tyto požadavky popisují vlastní funkčnosti aplikace:

- Aplikace zobrazuje formulář Editace vozu – údaje z PDV.
vytvoření formuláře, předvyplnění daty z IS PDV
- Aplikace umožňuje editaci dat o vozech.
efektivní uživatelské rozhraní pro vkládání údajů o složení vozu.
- Aplikace validuje zadaná data.
kontrola správnosti zadaných údajů, zobrazení upozornění na chyby včetně nápovědy

- Aplikace generuje a odesílá zprávu Train Composition.
vytvoření zprávy na základě zadaných dat uživatele a odeslání do návazných IS

Nefunkční požadavky

Tyto požadavky popisují způsob fungování systému a jeho technické a provozní parametry:

- Aplikace zajišťuje funkčnost ve všech stavech připojení k datové síti.
plná funkčnost ve všech možných stavech připojení k datové síti včetně nespolehlivého a pomalého připojení a ošetření off-line režimu a synchronizace dat po obnovení připojení
- Je implementována vysoká úroveň zabezpečení.
vysoká úroveň zabezpečení přístupu uživatelů, přenášených dat a celkové zabezpečení aplikace proti neoprávněné manipulaci a útokům
- Aplikace poskytuje uživateli stabilní a rychlou práci.
stabilní provoz bez častých pádů nebo výpadků, rychlá uživatelská odezva
- Uživatelské rozhraní je pro uživatele intuitivní a snadno použitelné.
UI je přehledné a uživatelsky přívětivé pro čtení i zadávání dat na tabletu s úhlopříčkou 8 až 10 palců i pro uživatele bez hlubších IT znalostí a zkušeností.
- Uživatelské rozhraní aplikace je v souladu s grafickým manuálem zákazníka.
vizuální identita zákazníka – barevné schématu, typografie atd., dle grafické manuálu
- Aplikace zajišťuje výměnu dat s návaznými systémy ve standardizovaných formátech.
dodržení formátů dat pro komunikaci s rozhraním ESB a návaznými IS
- Aplikace bude umožňovat budoucí rozšíření funkcionalit.
v rámci dlouhodobé udržitelnosti efektivního vývoje bude možné navázat na stávající řešení bez nutnosti přepracovávat od základu
- Distribuce aplikace a jejích aktualizací bude probíhat automaticky.
plně automatizovaný proces integrovaný s databází uživatelů zákazníka v MS Entra ID

Ostatní požadavky

Tyto požadavky se netýkají vlastní aplikace:

- doporučení vhodného mobilního zařízení podle specifikovaných požadavků,
- návrh procesu testování,
- návrh dokumentace.

Identifikace slabých míst v projektu

Na základě provedeného rozhovoru se zákazníkem a identifikovaných požadavků na aplikaci byla sestavena dle metodiky matice rizik, viz tab. 25 a tab. 26.

Rizika:

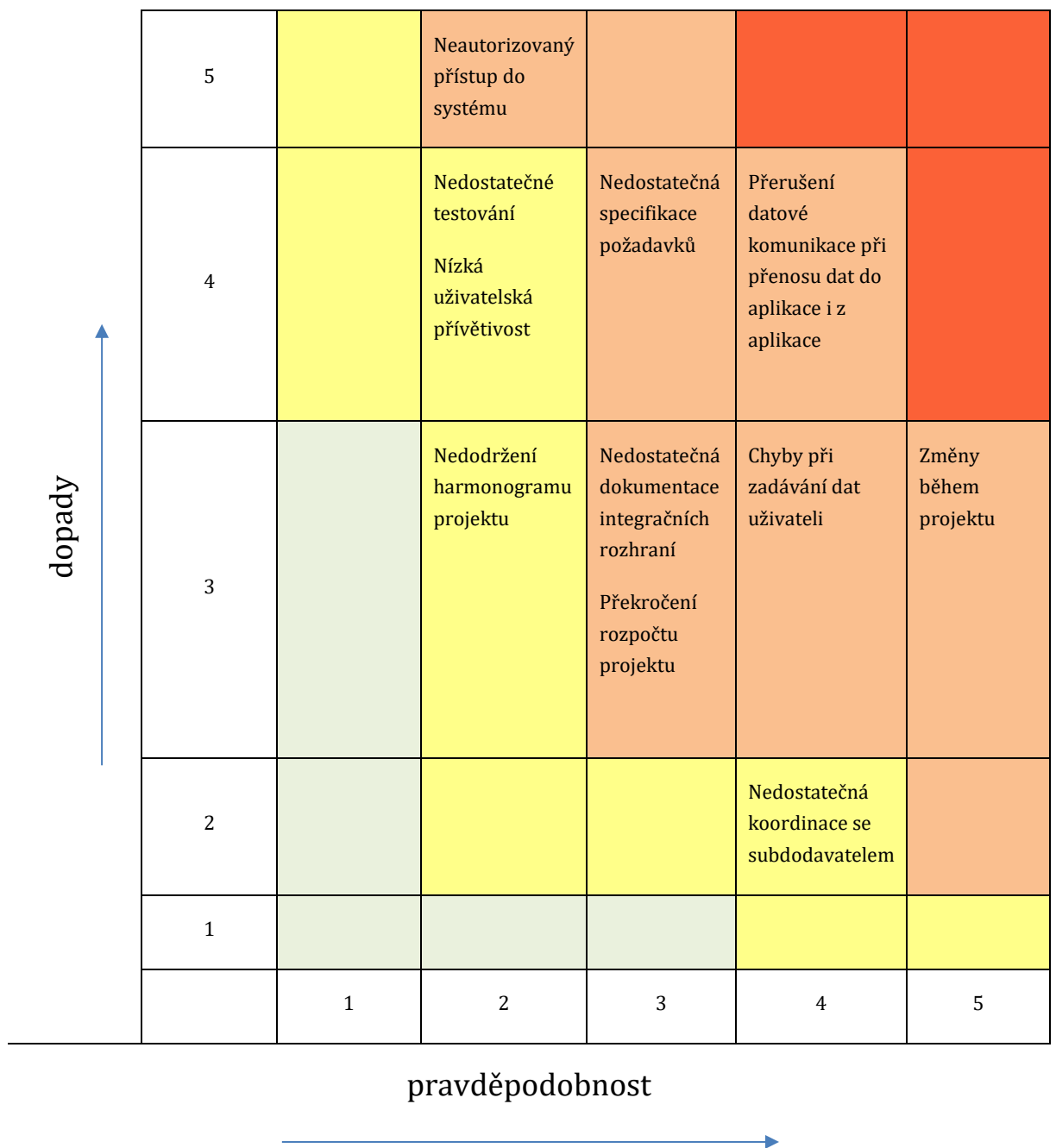
Tab. 25 Návrh aplikace – rizika

<i>Riziko</i>	<i>Pravděpodobnost</i>	<i>Dopad</i>	<i>Opatření</i>
Nedostatečná specifikace požadavků	3	4	Podrobná analýza na počátku projektu
Změny během projektu	5	3	Zavedení procesu pro řízení změn
Nedostatečná koordinace se subdodavatelem	4	2	Pravidelné koordinační schůzky, dokumentace klíčových dohod
Nedodržení harmonogramu projektu	2	3	Průběžné sledování milníků, flexibilní přidělení zdrojů.
Nedostatečné testování	2	4	Detailní testovací plán a podrobné testovací scénáře
Nízká uživatelská přívětivost	2	4	Zahrnutí koncových uživatelů do sběru požadavků na aplikaci
Chyby při zadávání dat uživateli	4	3	Školení koncových uživatelů, nápověda v aplikaci, předvyplnění klíčových polí.
Neautorizovaný přístup do systému	2	5	Komplexní zabezpečení přihlášení uživatele
Přerušení datové komunikace při přenosu dat do aplikace i z aplikace	4	4	Zavedení off-line režimu a opakování přenosů dat
Nedostatečná dokumentace integračních rozhraní	3	3	Zajištění úplné a aktuální dokumentace integračních rozhraní prostřednictvím smluvních závazků
Překročení rozpočtu projektu	3	3	Precizní kalkulace a plánování nákladů projektu v rámci úvodní analýzy

Zdroj: autorka

Matice rizik:

Tab. 26 Návrh aplikace – matice rizik



Zdroj: autorka

Legenda:

Riziko:	nízké	střední	vysoké	extrémní
---------	-------	---------	--------	----------

Na základě provedené analýzy matice rizik byla identifikována rizika spadající pouze do kategorií střední a vysoké závažnosti. Nebyla zjištěna rizika s nízkou ani extrémní závažností.

- **Střední** rizika – představují problémy s potenciálně častým výskytem, jejichž dopad je však zvládnutelný, pokud budou řešeny průběžně. Tato rizika zahrnují například nedostatečnou koordinaci se subdodavateli nebo chyby při zadávání dat uživateli.
- **Vysoká** rizika – mají větší dopad na projekt a vyžadují aktivní přístup k jejich zmírnění. Patří mezi ně například změny během projektu – může ovlivnit harmonogram projektu nebo přerušování datové komunikace při používání aplikace – ovlivnění spolehlivosti aplikace.

Identifikovaná rizika budou průběžně monitorována a spravována v systému Jira, který poskytuje efektivní nástroje pro řízení rizik.

Projekt tedy čelí přiměřeným výzvám, jejichž dopad bude výrazně snížen implementací navržených optimalizačních opatření.

Analytické výstupy pro návrh aplikace

Pro vytvoření UML diagramů je použit nástroj Enterprise Architect. Diagramy jsou uloženy v Jira a na společném úložišti zdrojových kódů k aplikaci. V tomto konkrétním projektu jsou použity diagramy:

Use Case diagram – vizualizuje požadavky uživatele na aplikaci – viz příloha M.

Sekvenční diagram – zobrazuje posloupnost kroků a interakce mezi uživatelem, aplikací a dalšími systémy v čase – viz příloha N.

Komponentový diagram – slouží k přehledu architektury systému, jeho rozdělení na jednotlivé komponenty a zobrazení jejich vzájemných vztahů – viz příloha O.

Efekty zavedení optimalizačních opatření:

- použití komerčních výkonných technologií:
 - Jira – systematické zaznamenávání a správa komunikace v celém projektu – platí ve všech subsystémech, nebude opakováno,
 - Enterprise Architect – rychlá a kvalitní analýza požadavků, přehledné diagramy k ověření se zákazníkem a ostatními členy týmu.
- zavedení agilního vývoje:
 - efektivní iterativní sběr požadavků a jejich následná analýza.
 - eliminace rizika nedostatečného porozumění širšího vývojového týmu a zákazníka díky průběžným schůzkám a flexibilnímu přístupu ke změnám.
 - tyto efekty jsou stejné ve všech subsystémech, nebudou tedy dále opakovány.
- standardizace procesů:
 - polostrukturovaný rozhovor – efektivní a cílené získání požadavků zákazníka
 - matice rizik – identifikace a vyhodnocení potenciálních rizik, preventivní reakce na ně.

7.4 Subsystem Návrh aplikace

Návrh mobilního zařízení

Podle požadavků zákazníka vývojový tým navrhl konkrétní typ mobilního zařízení, jehož specifikace jsou uvedeny v příloze J. Díky tomu, že parametry klíčového zařízení jsou známy již v této fázi projektu, může být návrh aplikace optimalizován tak, aby na tomto zařízení poskytoval maximální uživatelský komfort. Tento přístup umožňuje dosáhnout úrovně ergonomie a funkčnosti, kterou by nebylo možné zajistit u aplikace univerzálně přizpůsobené pro širokou škálu zařízení. Aplikace bude samozřejmě navržena tak, aby správně fungovala i na jiných typech zařízení (např. s odlišnou velikostí displeje), ale není na nich požadován srovnatelný uživatelský komfort. Tento kompromis reflektuje požadavek zákazníka – občasné používání aplikace na jiných zařízeních, například při kontrolách pracovníky na jiných pozicích.

Návrh UI

Návrh uživatelského rozhraní je zajištěn subdodavatelem – specialistou na UI, který využívá nástroj Figma. Ve Figma je vytvořen návrh, který je následně ověřen se zákazníkem. Vývojář obdrží návrh přímo ve Figma, což umožňuje přístup ke kompletnímu grafickému popisu včetně možnosti generování CSS stylů a dalších podkladů pro implementaci. Vzorový vzhled navržené obrazovky je pro ilustraci uveden v příloze L.

Návrh zabezpečení

Návrh zabezpečení je zajištěn subdodavatelem – specialistou na kyberbezpečnost.

Autorizace a autentizace uživatelů
Pro zajištění vysoké úrovně zabezpečení uživatelů bude implementována multifaktorová autentizace pomocí aplikace Microsoft Authenticator s notifikacemi Push. Autentizace probíhá tak, že uživatel zadá své přihlašovací údaje, které jsou ověřeny prostřednictvím knihovny Microsoft Authentication Library v Microsoft Entra ID. Po ověření hesla je aktivován druhý faktor autentizace, kdy uživatel potvrdí přihlášení přes notifikaci v aplikaci Authenticator. Následně Entra ID vydá ověřovací token, který mobilní aplikace používá k autorizaci přístupu k datům a funkcím v dalších systémech. Autorizace zajišťuje kontrolu oprávnění na základě údajů z Entra ID (např. rolí nebo skupin uživatelů), přičemž správa rolí probíhá přímo v Entra ID s garantovanou úrovní zabezpečení.

Zabezpečení dat při komunikaci

Zabezpečení komunikaci mezi systémy je zajištěno použitím protokolu TLS – šifruje přenášená data, chrání je před neoprávněným přístupem a zajišťuje jejich integritu. Je použita technologie mutual TLS, která ověřuje identitu serveru i klienta prostřednictvím certifikátů. Během navazování spojení probíhá výměna šifrovacích klíčů a ověření identity obou stran. Použité šifrovací algoritmy pro šifrování a výměnu klíčů zajišťují odolnost vůči odposlechu a manipulaci dat.

Zabezpečení aplikace

Zabezpečení aplikace zahrnuje šifrování všech uložených dat, přičemž citlivé informace, jako jsou tokeny, jsou ukládány v bezpečných úložištích zařízení. Kód aplikace je obfuskován pro ochranu před reverzním inženýrstvím. Vstupy uživatelů jsou důsledně validovány pro zabránění injekčním útokům. Relace uživatele jsou chráněny krátkodobými tokeny a časovým omezením. Je aplikována detekce root/jailbreak prostředí, certifikátové pinning proti útokům typu man-in-the-middle a možnost vzdáleného mazání dat při ztrátě zařízení.

Zabezpečení distribuce a aktualizací

Distribuce a aktualizace aplikací prostřednictvím Microsoft Intune zajišťuje vysokou úroveň zabezpečení díky šifrované komunikaci a ověřeným kanálům pro distribuci aplikací.

Návrh dokumentace

Zákazníkovi byla nabídnuta struktura dokumentace vytvořená podle navržené šablony, se kterou zákazník souhlasil. Zvláštní důraz klade na kvalitní uživatelskou příručku a srozumitelné školení zaměstnanců. Rovněž požaduje jasné zdokumentování návazností na okolní informační systémy, aby tyto informace bylo možné snadno dohledat a využít při budoucím rozšiřování aplikace nebo při práci s návaznými IS. Protože bude prováděno i UAT testování, součástí dokumentace je i její testovací část.

Vzorová část dokumentace je uvedena v příloze I. Pro zachování přijatelného rozsahu disertační práce jsou jednotlivé části dokumentace uvedeny ve stručné formě namísto detailního popisu – tento rozsah je pro efektivní demonstraci metodiky optimální.

Návrh testování

Interní testování

Bude provedeno interním testovacím oddělením. Vzhledem k využití Jira jako hlavního nástroje pro komunikaci během projektu bude pro automatizované testování použita integrace nástrojů Selenium a BrowserStack do prostředí Jira. Toto řešení umožňuje centralizovanou správu testovacích scénářů, požadavků a výsledků testů na jednom místě. Automatizované testování je realizováno pomocí nástroje Selenium, který spouští testy na různých zařízeních a prohlížečích prostřednictvím platformy BrowserStack. Výsledky provedených testů jsou exportovány ve formátu XML nebo JSON a následně importovány do Jira prostřednictvím pluginu Xray, který umožňuje jejich automatické spárování se zadanými testovacími scénáři. V Jira je prováděna správa celého testovacího procesu, včetně sledování stavu testů, identifikace chyb, monitorování jejich řešení a generování reportů.

UAT testování

Bude provedeno zákazníkem na základě předané testovací dokumentace.

Penetrační testování

Je zaměřené na odhalení bezpečnostních zranitelností aplikace a je prováděno specializovaným subdodavatelem. Subdodavatel obdrží specifikaci aplikace a přístupové údaje, na jejichž základě testuje zranitelnosti podle standardů, jako je OWASP Mobile Top 10 či NIST SP 800-115, ověření zabezpečení přenášených dat a ochranu proti neautorizovanému přístupu. Výstupem testování je zpráva s popisem nalezených zranitelností a doporučením jejich odstranění.

Návrh nasazení

Pro nasazení aplikace bude využit nástroj Microsoft Intune, který je integrován s MS Entra ID používaným zákazníkem. Proces bude zajištěn subdodavatelem, který kromě samotného nasazení poskytne i zaškolení interního týmu k efektivnímu využití tohoto nástroje.

Zadání pro programátora

Zadání je vytvořeno podle navržené struktury – viz příloha K. Stejně jako u dokumentace je uveden stručný a ne detailní popis z důvodu vytvoření efektivní kombinace rozsahu práce a zároveň demonstrace použití metodiky.

Efekty zavedení optimalizačních opatření:

- použití komerčních výkonných technologií:
 - Figma – rychlý a kvalitní návrh UI subdodavatelem, jeho sdílení a ověření i se zákazníkem, vygenerování podkladů pro programátora,
 - MS Intune – návrh rychlého, kvalitního a bezpečného automatizovaného nasazení aplikace, snadná integrace se stávajícími systémy, především MS Entra ID,
 - Browserstack – návrh rychlého a efektivního otestování aplikace na několika zařízeních s rozdílnými parametry (zejména velikost displeje).
- využití subdodavatele:
 - UI/UX – návrh vysoce efektivního UI/UX podle specifických požadavků aplikace,
 - zabezpečení – návrh vysoké úrovně zabezpečení, specificky zaměřeného na interní systémy v železniční dopravě,
 - penetrační testování – profesionální návrh, zaměřený na obecné standardy a zároveň na specifické prostředí železniční dopravy,
 - specialista MS Intune – návrh procesu nasazení aplikace prostřednictvím MS Intune a integrace se stávajícími systémy.
- standardizace procesů:
 - podoba zadání pro programátora – přehledný popis klíčových informací,
 - jednotné úložiště – známé a rychle přístupné umístění všech dokumentů,
 - struktura dokumentace – rychlé použití s jistotou zaznamenání všech klíčových informací – při odsouhlasení se zákazníkem,
 - podoba testovacího scénáře – rychlé použití s jistotou zaznamenání všech klíčových informací – při odsouhlasení se zákazníkem.

- automatizace testování:
 - návrh rychlého, efektivního a opakovatelného testování všech funkcí na všech potřebných zařízeních.

7.5 Subsystem Vývoj aplikace

Bude provedeno vlastní naprogramování aplikace podle návrhu, s použitím vybraných technologií.

Efekty zavedení optimalizačních opatření:

- použití komerčních výkonných technologií:
 - IntelliJ IDEA Ultimate + GitHub Copilot – urychlení vývoje, snížení rutinní práce, pokročilé debugování,
 - Gradle Enterprise – rychlá a efektivní správa závislostí, minimalizace konfliktů,
 - Firebase Crashlytics – rychlá a podrobná detekce chyb a analýza v reálném čase.
- standardizace procesů:
 - pravidla pro schvalování kódu, vydávání aplikace a nových verzí, pravidelnou údržbu a aktualizace aplikací pro zabezpečení kompatibility s aktuálními verzemi OS a službami třetích stran – plynulejší a efektivnější vývoj a nasazování, nižší chybovost, dlouhodobá stabilita,
 - podoba dokumentace – efektivní a cílené zpracování požadované dokumentace.

7.6 Subsystem Testování

Bude provedeno testování aplikace podle návrhu, opravy na základě nalezených chyb.

Efekty zavedení optimalizačních opatření:

- použití komerčních výkonných technologií:
 - kombinace Jira + BrowserStack + Selenium – automatizované testování na požadovaných zařízeních a automatický import testovacích případů s výsledky do Jira.
- využití subdodavatele:
 - provedení penetračních testů zaměřených na obecné standardy a zároveň na specifické prostředí železniční dopravy.
- standardizace procesů:
 - podoba testovacího scénáře – rychlé použití s jistotou zaznamenání všech klíčových informací při testování – je navržena podle standardizované šablony v příloze E; vzorový testovací scénář je uveden v příloze H.
- automatizace testování:
 - rychlé, efektivní a opakovatelné testování všech funkcí na všech potřebných zařízeních.

7.7 Subsystem Nasazení

Bude provedeno nasazení aplikace do ostrého provozu na základě provedeného návrhu.

Efekty zavedení optimalizačních opatření:

- použití komerčních výkonných technologií:
 - MS Intune – rychlé, kvalitní a bezpečné automatizovaného nasazení aplikace, snadná integrace se stávajícími systémy, především MS Entra ID.
- využití subdodavatele:
 - MS Intune specialista – nasazení aplikace prostřednictvím MS Intune a integrace se stávajícími systémy, zaškolení interního týmu na používání.
- standardizace procesů:
 - pravidla pro vydávání aplikace a nových verzí – efektivní a bezpečný postup.

7.8 Shrnutí návrhu mobilní aplikace

Tato kapitola demonstrovala praktické využití navržené metodiky na návrhu části reálné aplikace – mobilního rozšíření IS PRIS, konkrétně funkčnosti „Editace vozu – údaje z PDV“. Návrh probíhal podle strukturovaných kroků metodiky. Po určení prioritního zaměření projektu byla vybrána odpovídající varianta systému a aplikována příslušná optimalizační opatření. Nejprve byl sestaven optimální pracovní tým a technologie vhodné pro tuto variantu. Ve fázi sběru a analýzy byly efektivně identifikovány potřeby zákazníka, na jejichž základě vznikly požadavky na aplikaci a podklady pro návrhovou část. V další fázi byl realizován samotný návrh aplikace, který zahrnoval technický návrh, návrh uživatelského rozhraní, zabezpečení, specifikaci zadání pro programátora, testovací scénáře, strukturu dokumentace a popis procesu nasazení. Pro fáze vývoje a testování byly analyzovány efekty zavedených optimalizačních opatření.

Během ověřování metodiky se však objevily i určité výzvy. Některá optimalizační opatření, například zapojení subdodavatelů, vyžadují velmi pečlivou koordinaci a jasné vymezení odpovědností, což klade vyšší nároky na řízení projektu. Dále bylo zjištěno, že standardizace výstupů, přestože je celkově přínosná, může v určitých případech vést ke zvýšené administrativní zátěži, pokud není efektivně integrována do procesů týmu. Díky těmto zkušenostem bylo provedeno několik zpětných úprav a doplnění metodiky – např. časová posloupnost zavedení optimalizačních opatření a doplnění šablon standardizovaných výstupů.

Metodika byla ověřena v reálném procesu návrhu mobilní aplikace v referenční firmě ČD-IS (viz posouzení v příloze P) a její přínosy se potvrdily i v praxi. Rychlost, kvalita a efektivita návrhu aplikace při použití metodiky byly porovnány s původním procesem, který probíhal bez jejího použití. Výsledky ukázaly, že metodika přinesla významné zlepšení v organizaci a řízení návrhu, včetně rychlejší identifikace požadavků, efektivnější komunikace mezi členy týmu a vyšší kvality výstupů. Oceněna byla především schopnost přizpůsobit se specifickým potřebám mobilních aplikací v dopravě, zefektivnění sběru požadavků a zrychlení celého vývojového procesu. Standardizace výstupů výrazně usnadnila týmovou spolupráci a dlouhodobou udržitelnost

softwaru. Některé prvky metodiky už byly úspěšně implementovány do reálných projektů, kde prokázaly svůj přínos v oblasti efektivity vývoje a kvality výstupů. Doporučeno bylo její zavádění po fázích, aby se usnadnila adaptace týmů, a u menších projektů využít zjednodušené šablony. Celkově byla metodika hodnocena jako praktický a dobře využitelný nástroj, který přináší reálné zlepšení vývoje a má potenciál i pro širší využití v dalších oblastech softwarového vývoje.

8 Vlastní přínosy doktoranda

Tato kapitola shrnuje hlavní přínosy autorky disertační práce, které vycházejí z provedené analýzy současného stavu mobilních aplikací v železniční dopravě, procesů vývoje a dostupných technologií pro vývoj aplikací. Na základě této analýzy, ve spojení s autorčinou přímou zkušeností v oblasti vývoje mobilních aplikací a spoluprací s několika firmami působícími ve stejné sféře, byly identifikovány klíčové nedostatky a možnosti optimalizace celého procesu. Problematika v tomto komplexním pojetí dosud nebyla řešena.

Nejvýznamnějším přínosem je systémový pohled na proces vývoje mobilních aplikací jako na integrovaný celek, který zahrnuje všechny fáze od sběru požadavků až po nasazení aplikace a její další rozvoj. Na tomto základě byla navržena ucelená metodika, která optimalizuje proces ve všech jeho fázích, a to včetně efektivní spolupráce se zákazníkem, a je přizpůsobena specifickým potřebám aplikací v řešené oblasti.

Významnou součástí přínosu je ověření metodiky při návrhu reálné mobilní aplikace. Toto ověření umožnilo zpětně metodiku doplnit a upravit, aby byla maximálně efektivní a prakticky využitelná. Navíc již během psaní disertační práce byly některé její části implementovány do reálného procesu vývoje aplikací, kde měly pozitivní dopady na rychlost, kvalitu a efektivitu vývoje.

Metodika zároveň podporuje dlouhodobou udržitelnost softwarového vývoje díky zavedení standardizovaných postupů, šablon a jasně definovaných procesů. Tyto aspekty nejen zefektivňují práci, ale také umožňují snadnější budoucí rozšiřování a údržbu aplikací.

Dalším významným přínosem je samotný způsob tvorby metodiky, který umožňuje její aplikaci i v jiných specializovaných oblastech. Ačkoli byla metodika navržena primárně pro mobilní aplikace určené k interním provozním potřebám železničních dopravců, při zachování postupů lze její principy přizpůsobit jiným typům softwarových projektů prostřednictvím definice klíčových požadavků specifických pro danou oblast. To otevírá možnosti jejího širšího využití.

V průběhu výzkumu autorka zjistila, že použitím sofistikovaných vědeckých metod by bylo možné dále zpřesnit navržená řešení a vytvořit flexibilnější řešení. Konkrétně se jedná o aplikaci pokročilých metod MCDM v softwarovém inženýrství pro podporu rozhodování v oblastech, jako jsou hodnocení a výběr softwarových nástrojů a technologií, prioritizace softwarových požadavků, optimalizace vývojového procesu, testování a zajištění kvality, nasazení a provoz aplikací či řízení softwarových projektů. Tento směr by mohl představovat další fázi vědeckého výzkumu navazujícího na tuto disertační práci, s významným potenciálem pro praktické uplatnění.

9 Závěr

Tato disertační práce se zabývala návrhem systematické metodiky pro vývoj mobilních aplikací v oblasti dopravy. Autorka vytvořila ucelené řešení, které pokrývá všechny fáze vývoje aplikací, od sběru požadavků až po nasazení a další rozvoj, s ohledem na specifické potřeby aplikací pro interní použití dopravců, které slouží jako mobilní podpora provozních informačních systémů. Metodika reflektuje klíčové technické, právní a uživatelské požadavky a nabízí strukturovaný postup, který optimalizuje čas, náklady i kvalitu výsledného produktu.

Navržená metodika zahrnuje definování optimalizačních opatření zaměřených na zrychlení vývoje, snížení nákladů, zlepšení kvality, zvýšení zabezpečení a podporu flexibility a škálovatelnosti. Pomocí Checklandovy metodiky bylo vytvořeno pět variant systému procesu vývoje, odpovídajících prioritám projektů, jako je nejnižší cena, nejrychlejší vývoj, nejvyšší kvalita, nejvyšší zabezpečení a flexibilita a škálovatelnost. Optimalizační opatření byla ohodnocena metodou vícekriteriálního rozhodování a implementována do příslušných variant, jejichž efektivita byla analyzována.

Jedním z hlavních přínosů práce je univerzálnost metodiky – přestože byla navržena pro návrh a vývoj aplikací pro interní použití dopravců, které slouží jako mobilní podpora pro IS pro provozní řízení železniční dopravy, je přizpůsobitelná i pro jiné specializované oblasti. Postup tvorby metodiky lze aplikovat na další projekty s potřebou definovat nové klíčové parametry odpovídající dané oblasti, což poskytuje širší uplatnění a zvyšuje efektivitu na systémové úrovni.

Praktické ověření metodiky na reálném projektu prokázalo její přínos v podobě zlepšené strukturovanosti procesu, efektivnější komunikace v týmu a vyšší kvality výstupů. Potvrzení o jejím přínosu ze strany referenční firmy je uvedeno v příloze P. Identifikované výzvy, jako vyšší nároky na řízení subdodavatelů a administrativní zátěž při standardizaci, byly zohledněny jako zpětná vazba v konečných úpravách metodiky.

Celkově tato práce přispívá ke zlepšení procesu vývoje mobilních aplikací v oblasti dopravy a poskytuje užitečný rámec pro efektivní a systematický návrh softwarových řešení. Metodika představuje přínos jak pro vědeckou komunitu, tak pro praxi, a nabízí konkrétní kroky ke zvýšení kvality a efektivity softwarových projektů.

Literatura

- ACRI, 2024. Digitalisation on rail: Efficient communication enabled by OLTIS Group's K-Modul [online]. [cit. 2025-02-10]. Dostupné z: <https://acri.cz/en/2025/01/29/digitalisation-on-rail-efficient-communication-enabled-by-oltis-groups-k-modul/>
- AHMAD, Arshad, Kan LI, Chong FENG, Syed Mohammad ASIM, Abdallah YOUSIF a Shi GE, 2018. An Empirical Study of Investigating Mobile Applications Development Challenges. IEEE Access [online]. 6, 17711-17728 [cit. 2023-08-26]. ISSN 2169-3536. Dostupné z: doi:10.1109/ACCESS.2018.2818724
- AKRAM, Faiz, Tanvir AHMAD a Mohd. SADIQ, 2024. An integrated fuzzy adjusted cosine similarity and TOPSIS based recommendation system for information system requirements selection. In: *Decision Analytics Journal* [online]. [cit. 2025-01-26]. ISSN 27726622. Dostupné z: doi:10.1016/j.dajour.2024.100443
- ALANDA, Aide, Deni SATRIA, H.A MOODUTO a Bobby KURNIAWAN, 2020. Mobile Application Security Penetration Testing Based on OWASP. In: *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* [online]. 2020, s. 13 [cit. 2023-01-16]. ISSN 1757-8981. Dostupné z: doi:10.1088/1757-899X/846/1/012036
- ALBAKRI, Ashwag, Huda FATIMA, Maram MOHAMMED, Aisha AHMED, Aisha ALI, Asala ALI, Nahla Mohammed ELZEIN a Shaojian QU, 2022. Survey on Reverse-Engineering Tools for Android Mobile Devices. In: *Mathematical Problems in Engineering*. 2022-1-13, s. 1-7. ISSN 1563-5147. Dostupné z: doi:10.1155/2022/4908134
- ALLWHERE, 2024. *The Best Mobile Device Management Solutions in 2024* [online]. 29.5.2024 [cit. 2024-09-21]. Dostupné z: <https://www.allwhere.co/post/the-best-mobile-device-management-solutions-in-2024>
- ALMADHOUN, Wael a Mohammad HAMDAN, 2019. Optimizing the Self-Organizing Team Size Using a Genetic Algorithm in Agile Practices. In: *Journal of Intelligent Systems*. 2019-12-18, s. 1151-1165. ISSN 2191-026X. Dostupné z: doi:10.1515/jisys-2018-0085
- ANDALES, Jairus, 2024. *How to Perform a Risk Assessment* [online]. 12.9.2024 [cit. 2024-11-13]. Dostupné z: <https://safetyculture.com/topics/risk-assessment/#when-do-you-perform-a-risk-assessment>
- ARIF, Khawaja Sarmad a Usman ALI, 2019. Mobile Application testing tools and their challenges: A comparative study. In: *2019 2nd International Conference on Computing, Mathematics and Engineering Technologies (iCoMET)*. IEEE, s. 1-6. ISBN 978-1-5386-9509-8. Dostupné z: doi:10.1109/ICOMET.2019.8673505
- ARRIVA TRANSPORT ČESKÁ REPUBLIKA A.S., 2023. Rozšiřujeme možnosti nákupu jízdenek, koupit si je můžete i v naší aplikaci [online]. [cit. 2023-01-14]. Dostupné z: <https://www.arriva.cz/cs/o-spolecnosti/novinky/nova-aplikace-arriva-cz-je-tady-16798>
- BASCIANI, Francesco, Daniele DI POMPEO, Juri DI ROCCO a Alfonso PIERANTONIO, 2023. A customizable approach to assess software quality through Multi-Criteria Decision Making. In: *2023 IEEE 20th International Conference on Software Architecture Companion (ICSA-C)* [online].

IEEE, s. 264-271 [cit. 2025-01-26]. ISBN 978-1-6654-6459-8. Dostupné z: doi:10.1109/ICSA-C57050.2023.00063

BASU, Swapan, 2017. Basics of Hazard, Risk Ranking, and Safety Systems. In: *Plant Hazard Analysis and Safety Instrumentation Systems* [online]. Elsevier, s. 1-81 [cit. 2024-11-30]. ISBN 9780128037638. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-12-803763-8.00001-7

BECK, Kent, 2010. *Manifesto for Agile Software Development* [online]. [cit. 2025-01-08]. Dostupné z: <https://agilemanifesto.org/principles.html>

BEHYAN, Nooshin, 2024. *The best UX tools of 2024* [online]. 17.9.2024 [cit. 2024-11-04]. Dostupné z: <https://medium.com/@noushbizlixlix/the-best-ux-tools-of-2024-8fd5a1466d9b>

BRABCOVÁ, Michaela, 2020. *Metody vícekritériálního hodnocení variant*. České Budějovice. Bakalářská. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích Ekonomická fakulta Katedra aplikované matematiky a informatiky.

BULÍČEK, Josef, 2020. *Systémová analýza a rozhodování*. reg. č. CZ.02.2.69/0.0/0.0/16_015/0002320

ČD-IS, 2023a. Mobilní aplikace ETD [software]. 2. srpna 2023 [cit. 2023-08-02].

ČD-IS, 2023b. Mobilní aplikace MPRIS [software]. 2. srpna 2023 [cit. 2023-08-02].

ČD-IS, 2017. Logserver – Systémová dokumentace. [interní materiál]. Pardubice, 19. října 2017.

ČDCgo, 2023. ČD CARGO, A.S. ČD Cargo [online]. [cit. 2023-02-13]. Dostupné z: <https://www.cdcargo.cz/cs/cdcgo>

ČESKÉ DRÁHY, A.S., 2023. Mobilní aplikace Můj vlak [online]. [cit. 2023-01-13]. Dostupné z: <https://www.cd.cz/typy-jizdenek/jak-koupit-jizdenku/-26327/>

ČESKÉ DRÁHY, A.S., 2023a. Vlakem na výlet [online]. [cit. 2023-01-14]. Dostupné z: <https://www.cd.cz/vlakem-na-vylet/>

ČSOB, 2023. Aplikace DoKapsy od ČSOB [online]. [cit. 2023-01-14]. Dostupné z: <https://www.csob.cz/mobilni-aplikace/dokapsy>

DABOVE, Paolo, Vincenzo DI PIETRA a Marco PIRAS, 2020. GNSS Positioning Using Mobile Devices with the Android Operating System. *ISPRS International Journal of Geo-Information* [online]. 7.4.2020, 9(4) [cit. 2023-01-03]. ISSN 2220-9964. Dostupné z: doi:10.3390/ijgi9040220

DEVLEKAR, Sanket a Vidyavati RAMTEKE, 2022. Identity and Access Management: High-level Conceptual Framework. In: *Cardiometry*. s. 393-399. ISSN 2304-7232.

DUDORKIN, Jiří, 1995. *Systémové inženýrství a rozhodování*. 3. vyd. Praha: Vydavatelství ČVUT. ISBN 80-010-1329-4

ETECHBLOGCZ, 2023. Role scrumu ve vývoji softwaru vysvětleny jasně a jednoduše [online]. 18.8.2023 [cit. 2024-11-10]. Dostupné z: <https://etechblog.cz/role-scrumu-ve-vyvoji-softwaru-vysvetleny-jasne-a-jednoduse/>

EUROPEAN UNION, 2011. Telematics Applications for Passenger Service TSI. *European Union Agency For Railways: Moving Europe towards a sustainable and safe railway system without frontiers* [online]. [cit. 2022-12-23]. Dostupné z: https://www.era.europa.eu/domains/technical-specifications-interoperability/telematics-applications-passenger-service-tsi_en

EUROPEAN UNION, 2014. Telematics Applications for Freight Service TSI. *European Union Agency For Railways: Moving Europe towards a sustainable and safe railway system without frontiers*

- [online]. [cit. 2022-12-23]. Dostupné z: https://www.era.europa.eu/domains/technical-specifications-interoperability/telematics-applications-freight-service-tsi_en
- EUROPEAN UNION, 2019. European Union Agency for Railways Policy. In: *European Union Agency For Railways* [online]. 31.10.2019 [cit. 2023-04-30]. Dostupné z: <https://www.era.europa.eu/system/files/2022-11/ERA%20policy%20%281%29.pdf>
- FARHANG, Sadegh, Jake WEIDMAN, Mohammad Mahdi KAMANI, Jens GROSSKLAGS a Peng LIU, 2018. Take It or Leave It. In: *Proceedings of the 34th Annual Computer Security Applications Conference* [online]. New York, NY, USA: ACM, 2018-12-03, s. 490-504 [cit. 2023-01-29]. ISBN 9781450365697. Dostupné z: doi:10.1145/3274694.3274733
- FISHBURN, Peter C., 1967. Letter to the Editor—Additive Utilities with Incomplete Product Sets: Application to Priorities and Assignments. In: *Operations Research*. s. 537-542. ISSN 0030-364X. Dostupné z: doi:10.1287/opre.15.3.537
- FORET, Miroslav a Silvia MEGYESIOVÁ, 2013. Marketingový výzkum v regionálním rozvoji. Brno: Mendelova univerzita v Brně. ISBN 978-80-7375-773-1.
- GAD, Ahmed G., Diana T. MOSA, Laith ABUALIGAH a Amr A. ABOHANY, 2022. Emerging Trends in Blockchain Technology and Applications: A Review and Outlook. In: *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*. s. 6719-6742. ISSN 13191578. Dostupné z: doi:10.1016/j.jksuci.2022.03.007
- GARG, Shivi a Niyati BALIYAN, 2021. Comparative analysis of Android and iOS from security viewpoint. *Computer Science Review* [online]. 13.1.2021, 40, 13 [cit. 2023-01-13]. ISSN 15740137. Dostupné z: doi: 10.1016/j.cosrev.2021.100372
- GEEKSFORGEES, 2024. *Software Risk Analysis* [online]. 6.2.2024 [cit. 2023-11-13]. Dostupné z: <https://www.geeksforgeeks.org/software-risk-analysis/>
- GEORGE, Tegan, 2022. *Semi-Structured Interview | Definition, Guide & Examples* [online]. 27.1.2022 [cit. 2024-09-13]. Dostupné z: <https://www.scribbr.com/methodology/semi-structured-interview/>
- GLOBDATA A.S., 2023. Sejf 2.0, aplikace nové generace [online]. [cit. 2023-01-14]. Dostupné z: <https://www.sejf.cz/>
- GOAD, Michal a Colin STEELE, 2023. Mobile operating systems. In: *Techtarget* [online]. [cit. 2023-02-11]. Dostupné z: <https://www.techtarget.com/searchmobilecomputing/definition/mobile-operating-system>
- GOEL, Sakshi, Renuka NAGPAL a Deepti MEHROTRA, 2018. Mobile Applications Usability Parameters: Taking an Insight View. *Information and Communication Technology for Sustainable Development* [online]. Singapore: Springer Singapore, 35-43 [cit. 2023-08-03]. *Lecture Notes in Networks and Systems*. ISBN 978-981-10-3931-7. Dostupné z: doi:10.1007/978-981-10-3932-4_4
- GOOGLE, 2023a. Zpoždění vlaků SK GOOGLE, 2023. Zpoždění vlaků SK – Aplikace na Google Play [online]. [cit. 2023-01-14]. Dostupné z: https://play.google.com/store/apps/details?id=sk.marekscholtz.trains_delays
- GOOGLE, 2023b. Opóžnienia pociągów - Aplikace na Google Play [online]. [cit. 2023-01-14]. Dostupné z: <https://play.google.com/store/apps/details?id=lsk.rl.delaypkp>

HABER, Terri, 2024. *Software risk analysis: How to create a risk matrix for modern software teams* [online]. 7.3.2024 [cit. 2024-11-26]. Dostupné z: <https://newrelic.com/blog/how-to-relic/how-to-create-risk-matrix>

HADDAD, Malik a David SANDERS, 2018. Selection of discrete multiple criteria decision making methods in the presence of risk and uncertainty. In: *Operations Research Perspectives* [online]. s. 357-370 [cit. 2024-09-12]. ISSN 22147160. Dostupné z: doi:10.1016/j.orp.2018.10.003

HAMILTON, Abla, 2020. The State of Design Systems: 2020. In: *Material Design* [online]. 16.12.2020 [cit. 2023-01-21]. Dostupné z: <https://material.io/blog/research-state-of-design-systems-2020>

HAMMOUD ALRUWIES, Mansour, Shailendra MISHRA a Mohammed ABDUL RAHMAN ALSHEHRI, 2022. Identity Governance Framework for Privileged Users. In: *Computer Systems Science and Engineering*. s. 995-1005. ISSN 0267-6192. Dostupné z: doi:10.32604/csse.2022.019355

HENDL, Jan, 2023. *Kvalitativní výzkum: základní teorie, metody a aplikace*. Páté, přepracované vydání. Praha: Portál. ISBN 978-80-262-1968-2.

HERCÍK, Jaroslav, 2024. *Laboratoř, ve které fouká a prší, tak se testuje FRMCS* [online]. 5.11.2024 [cit. 2024-12-02]. Dostupné z: <https://www.lupa.cz/pr-clanky/laborator-ve-ktere-fouka-a-prsi-tak-se-testuje-frmcs/>

HEWAWITHARANA, Chami, 2022. *Challenges in Mobile OS (Android, iOS, Windows) - A Comparative Analysis*. 7.

HINDERKS, Andreas, Francisco José DOMÍNGUEZ MAYO, Jörg THOMASCHEWSKI a María José ESCALONA, 2022. Approaches to manage the user experience process in Agile software development: A systematic literature review. In: *Information and Software Technology*. ISSN 09505849. Dostupné z: doi:10.1016/j.infsof.2022.106957

HUO, Timothy, Anna Catarina ARAÚJO, Jake IMANAKA, Anthony PERUMA a Rick KAZMAN, 2024. *Mobile App Security Trends and Topics: An Examination of Questions From Stack Overflow*.

CHAPS SPOL. S R.O., 2023. IDOS [online]. [cit. 2023-01-14]. Dostupné z: <https://www.chaps.cz/cs/products/idos-smart>

CHECKLAND, Peter, 1999. *Soft systems methodology: a 30-year retrospective* [online]. Chichester: John Wiley [cit. 2024-08-02]. ISBN 04-719-8606-2.

IBEH, Chidera Victoria, Kehinde Feranmi AWONUGA, Ugochukwu Ikechukwu OKOLI, Chinedu Ugochukwu IKE, Ndubuisi Leonard NDUBUISI a Alexander OBAIGBENA, 2024. A REVIEW OF AGILE METHODOLOGIES IN PRODUCT LIFECYCLE MANAGEMENT: BRIDGING THEORY AND PRACTICE FOR ENHANCED DIGITAL TECHNOLOGY INTEGRATION. In: *Engineering Science & Technology Journal*. s. 448-459. ISSN 2708-8944. Dostupné z: doi:10.51594/estj/v5i2.805

IHNÁT, Peter, 2018. Elektronická komunikácia so zákazníkom v ZSSK CARGO: Úsek služieb [PDF]. ISO 9241-11, 2018. Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) — Part 11: Guidance on usability [online]. International standard. [cit. 2023-01-16]. Dostupné z: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9241:-11:ed-1:v1:en>

JAIN, Abha a Ankita BANSAL, 2022. Models for Efficient Utilization of Resources for Upgrading Android Mobile Technology. *International Journal of System Dynamics Applications* [online]. 2022, 11(2), 1-22 [cit. 2023-01-12]. ISSN 2160-9772. Dostupné z: doi:10.4018/IJSDA.20220701.0a2

- JUNG, Wonjin a Hyung Rok YIM, 2018. An Exploratory Study of the Interface Design Factors Affecting the User Intention to Use Mobile Applications. *International Journal of Advanced Science and Technology* [online]. 31.10.2018, 119, 103-110 [cit. 2023-02-15]. ISSN 20054238. Dostupné z: doi:10.14257/ijast.2018.119.09
- KAMPF, Rudolf. *Vícekritériální rozhodování – metoda WSA*. 2009-03:53:21Z. ISSN 1211-6610. Dostupné také z: <http://hdl.handle.net/10195/32111>
- KASALOVÁ, Valerie, 2024. *Agile revoluce a metody řízení lidských zdrojů – Budování moderního pracovního prostředí* [online]. 2024-08-23 [cit. 2024-10-03]. Dostupné z: <https://l-a-b-a.cz/blog/830-agile-revoluce-a-metody-rizeni-lidskych-zdroju>
- KASPERSKY, 2022. Mobile Security: Android vs iOS — which one is safer?. In: *Kaspersky* [online]. 2022 [cit. 2023-01-12]. Dostupné z: <https://www.kaspersky.com/resource-center/threats/android-vs-iphone-mobile-security>
- KOORDINÁTOR INTEGROVANÉHO DOPRAVNÍHO SYSTÉMU OLOMOUCKÉHO KRAJE, P. O, 2023. MobilOK new [online]. [cit. 2023-01-14]. Dostupné z: <https://www.idsok.cz/rubrika/mobilok-new/>
- KORDIS JMK, 2020. APLIKACE IDS JMK [online]. [cit. 2023-01-14]. Dostupné z: <https://www.idsjmk.cz/a/poseidon.html>
- KORID, 2023. Mobilní aplikace Idolka [online]. [cit. 2023-01-14]. Dostupné z: <https://www.iidol.cz/idolka/>
- KOTLER, Philip a Kevin Lane KELLER, 2013. *Marketing management*. [4. vyd.]. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-4150-5.
- KOZEL, Roman, 2006. *Moderní marketingový výzkum: nové trendy, kvantitativní a kvalitativní metody a techniky, průběh a organizace, aplikace v praxi, přínosy a možnosti*. Praha: Grada. Expert (Grada). ISBN 80-247-0966-X.
- KRAUS, Tomáš, 2024. *Kryptografická ochrana utajovaných informací. Význam, principy, legislativa, aplikace a rizika* [online]. 16.12.2024 [cit. 2024-12-25]. Dostupné z: <https://legislativa.cz/zdroje/kyberneticka-bezpecnost/kryptograficka-ochrana>
- KUMBHAR, Satyjeet, 2025. *Top 5 Android Mobile Device Management solutions for 2025* [online]. 10.1.2025 [cit. 2025-01-11]. Dostupné z: <https://www.iplocation.net/top-5-android-mobile-device-management-solutions-for-2025>
- LEO EXPRESS, 2023. Mobilní aplikace Leo Express [online]. [cit. 2023-01-14]. Dostupné z: <https://www.leoexpress.com/cs/o-nas/mobilni-aplikace>
- MACQUEEN, Sara, 2022. *Fast, Cheap or Good? Pick Two*. [online]. 16.8.2022 [cit. 2024-10-19]. Dostupné z: <https://discoverbigfish.com/blog/fast-cheap-good-pick-two.html>
- MAGABALEH, Aws A., Lana L. GHRAIBEH, Afnan Y. AUDEH, A.S. ALBAHRI, Muhammet DEVECI a Jurgita ANTUCHEVICIENE, 2024. Systematic review of software engineering uses of multi-criteria decision-making methods: Trends, bibliographic analysis, challenges, recommendations, and future directions. In: *Applied Soft Computing* [online]. [cit. 2025-01-26]. ISSN 15684946. Dostupné z: doi:10.1016/j.asoc.2024.111859
- MAJCHROWICZ, Michał a Piotr DUCH, 2021. Analysis of Tizen Security Model and Ways of Bypassing It on Smart TV Platform. *Applied Sciences* [online]. 11(24) [cit. 2023-02-11]. ISSN 2076-3417. Dostupné z: doi:10.3390/app112412031

MANNAN, Samsul. *Best practices of Semi-structured interview method* [online]. [cit. 2024-10-23]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/341232398_Best_practices_of_Semi-structured_interview_method

MÁV, 2023. MÁV-csoport [online]. [cit. 2023-01-14]. Dostupné z: <https://www.mavcsoport.hu/>

MEHL, Bernard, 2022. *Authentication Protocols: LDAP vs Kerberos vs OAuth2 vs SAML vs RADIUS* [online]. 1.12.2022 [cit. 2023-01-25]. Dostupné z: <https://www.getkisi.com/blog/authentication-protocols-overview>

MINISTERSTVO DOPRAVY ČR A CENDIS, S.P., 2020. OneTicket [online]. [cit. 2023-01-14]. Dostupné z: <https://oneticket.cz/>

MOCK, Ralf a Andreas FISCHER, 2021. Challenges for Continuous Risk Assessment in Agile Development Environments. In: *Proceedings of the 31st European Safety and Reliability Conference (ESREL 2021)*. Singapore: Research Publishing Services, s. 2916-2923. ISBN 978-981-18-2016-8. Dostupné z: doi:10.3850/978-981-18-2016-8_285-cd

MOLNÁR, Zdeněk, 2012. *Pokročilé metody vědecké práce*. [Zeleneč]: Profess Consulting. Věda pro praxi (Profess Consulting). ISBN 978-80-7259-064-3.

NAITH, Qamar a Fabio CIRAVEGNA, 2018. Mobile devices compatibility testing strategy via crowdsourcing. In: *International Journal of Crowd Science*. 2018-11-13, s. 225-246. ISSN 2398-7294. Dostupné z: doi:10.1108/IJCS-09-2018-0024

ODIS, 2020. ODISapka [online]. [cit. 2023-01-14]. Dostupné z: <https://www.odisapka.cz/>

OLTIS Group, a.s., 2021. Uživatelská příručka LWP EVAL Mobile [PDF]. Pátá verze.

OLTIS Group, a.s, 2023. MobiDriver – Aplikace na Google Play [online]. OLTIS GROUP, A.S. [cit. 2023-01-13]. Dostupné z:

<https://play.google.com/store/apps/details?id=cz.oltisgroup.mobidrive>

OPERÁTOR ICT A.S., 2023. PID Lítačka [online]. [cit. 2023-01-14]. Dostupné z: <https://app.pidlitacka.cz/>

PACHECO, Carla, Ivan GARCÍA a Miryam REYES, 2018. Requirements elicitation techniques: a systematic literature review based on the maturity of the techniques. *IET Software* [online]. **12**(4), 365-378 [cit. 2025-01-23]. ISSN 1751-8806. Dostupné z: doi:10.1049/iet-sen.2017.0144

PETER DEY, Pradip, Bhaskar RAJ SINHA, Mohammad AMIN a Hassan BADKOOBEHI, 2019. Best Practices for Improving User Interface Design. *International Journal of Software Engineering & Applications* [online]. 30.9.2019, 10(5), 71-83 [cit. 2023-02-10]. ISSN 09762221. Dostupné z: doi:10.5121/ijsea.2019.10505

PKP INFORMATYKA, 2023. Rozkład jazdy i Bilety PKP [online]. [cit. 2023-01-14]. Dostupné z: <https://bilkom.pl/>

PKP INFORMATYKA & PKP S.A., 2023. The PKP Mobile Timetable Application [online]. [cit. 2023-01-14]. Dostupné z: <https://rozklad-pkp.pl/en/page/mobilne>

PROFUSION SYSTEMS, 2024. *Mobile App Maintenance and Updates: Keeping Your App Relevant* [online]. 25.3.2024 [cit. 2024-08-12]. Dostupné z: <https://www.linkedin.com/pulse/mobile-app-maintenance-updates-keeping-your-relevant-hd3ac/>

- RAILAPPSOLUTIONS, 2023 – The smarter way. RailAppSolutions [online]. [cit. 2023-08-11]. Dostupné z: <https://www.railappsolutions.com/service>
- RAIL NAVIGATOR LTD., RAILWAY TECHNOLOGY SOFTWARE [online], 2023. [cit. 2023-01-13]. Dostupné z: <https://www.railnavigator.hu/en/index.html>
- RailNetEurope, 2024. *The Common Interface* [online]. [cit. 2024-11-23]. Dostupné z: <https://rne.eu/it/rne-applications/ccs/common-interface/>
- REESE, Ken, Trevor SMITH, Jonathan DUTSTON, Jonathan ARMKNECHT, Jacob CAMERON a Kent SEAMONS, 2019. A Usability Study of Five Two-Factor Authentication Methods. In: *Proceedings of the Fifteenth Symposium on Usable Privacy and Security*. s. 357-370. ISBN 978-1-939133-05-2.
- REICHEL, Jiří. *Kapitoly metodologie sociálních výzkumů*. Grada Publishing as, 2009.
- SADIQ, Mohd. a V. Susheela DEVI, 2022. Fuzzy-soft set approach for ranking the functional requirements of software. In: *Expert Systems with Applications* [online]. [cit. 2025-01-26]. ISSN 09574174. Dostupné z: doi:10.1016/j.eswa.2021.116452
- SEZNAM.CZ, A.S., 2023. Jízdní řády – Aplikace od Seznamu [online]. [cit. 2023-01-14]. Dostupné z: <https://aplikace.seznam.cz/jizdnirady/>
- SHAH, Virag, Wajahat HAFEEZ a Bruno Mello FRANÇA, 2024. *How can you optimize software development processes to reduce costs and increase efficiency?* [online]. [cit. 2024-11-04]. Dostupné z: <https://www.linkedin.com/advice/1/how-can-you-optimize-software-development-processes-8hlgf>
- SIENKIEWICZ, Agnieszka, 2022. *Project risk assessment: an example with a risk matrix template* [online]. 20.6.2022 [cit. 2024-10-26]. Dostupné z: <https://bigpicture.one/blog/project-risk-assessment-examples/>
- SPRÁVA ŽELEZNIC, STÁTNÍ ORGANIZACE, 2024. *Implementace sítě 5G mezi Brnem a Bratislavou dostala konkrétní podobu* [online]. In: . 7.6.2024 [cit. 2024-08-23]. Dostupné z: <https://www.spravazeleznice.cz/documents/50004227/168784295/tiskov%C3%A1+zpr%C3%A1va+ke+sta%C5%BEen%C3%AD/>
- SPRÁVA ŽELEZNIC, STÁTNÍ ORGANIZACE, 2020. GRAPP – Grafická prezentace polohy [online]. [cit. 2023-01-14]. Dostupné z: <https://grapp.spravazeleznice.cz/>
- SPRÁVA ŽELEZNIC, STÁTNÍ ORGANIZACE, 2023. Infotabule [online]. [cit. 2023-01-14]. Dostupné z: <https://www.spravazeleznice.cz/cestujici/infotabule>
- STATCOUNTER, 2023. Mobile Operating System Market Share Worldwide. In: Statcounter Global Stats [online]. 2023 [cit. 2023-02-09]. Dostupné z: <https://gs.statcounter.com/os-market-share/mobile/worldwide>
- STUDENT AGENCY, 2023. Aplikace RegioJet [online]. [cit. 2023-01-14]. Dostupné z: <https://regiojet.cz/sluzby/aplikace>
- ŠOCHOVÁ, Zuzana a Eduard KUNCE, 2024. *Agilní metody řízení projektů*. COMPUTER PRESS. EAN 9788025151075.
- TAF AND TAP RU/IM JOINT SECTOR GROUP, 2024. *XSD Schemas* [online]. [cit. 2024-12-04]. Dostupné z: http://taf-jsg.info/?page_id=172
- TAHERDOOST, Hamed a Mitra MADANCHIAN, 2023. Multi-Criteria Decision Making (MCDM) Methods and Concepts. In: *Encyclopedia*. s. 77-87. ISSN 2673-8392. Dostupné z: doi:10.3390/encyclopedia3010006

- TAN, Wee Lum, Fung LAM a Wing Cheong LAU, 2008. An Empirical Study on the Capacity and Performance of 3G Networks. *IEEE Transactions on Mobile Computing* [online]. 2008, 7(6), 737-750 [cit. 2022-11-29]. ISSN 1536-1233. Dostupné z: doi:10.1109/TMC.2007.70788
- THE DESIGN VILLAGE, 2024. *Best UI/UX Design Software for 2024* [online]. 27.8.2024 [cit. 2024-11-03]. Dostupné z: <https://www.thedesigntvillage.org/best-ui-ux-design-software-for-2024-a-gateway-to-your-design-career/>
- TIMBROOK, Roger. GPS Vs. GLONASS Vs. Galileo: What's The Best GNSS?. In: *Expert World Travel* [online]. 11.11.2021 [cit. 2023-01-07]. Dostupné z: <https://expertworldtravel.com/gps-vs-glonass-vs-galileo/>
- TRIANAPHYLLOU, Evangelos, 2000. Multi-criteria decision making methods: a comparative study. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers (now Springer). Applied optimization. ISBN 07-923-6607-7
- ÚSTECKÝ KRAJ, 2023. DÚKapka [online]. [cit. 2023-01-14]. Dostupné z: <https://www.dukapka.cz/>
- WANG, Chen, Yan WANG, Yingying CHEN, Hongbo LIU a Jian LIU, 2020. User authentication on mobile devices: Approaches, threats and trends. In: *Computer Networks* [online]. [cit. 2025-01-25]. ISSN 13891286. Dostupné z: doi:10.1016/j.comnet.2020.107118
- WEICHBROTH, Pawel, 2020. Usability of Mobile Applications: A Systematic Literature Study. *IEEE Access* [online]. 8, 55563-55577 [cit. 2023-07-26]. ISSN 2169-3536. Dostupné z: doi:10.1109/ACCESS.2020.2981892
- WHITCROFT, Ladislava, srpen 2023. *Práce z domova ve firmě Freeloo (případová studie): Efektivní a přátelská komunikace* [online]. In: . [cit. 2024-10-19]. Dostupné z: <https://media.portaldigi.cz/12b9ebb4-c43a-4a3d-8615-70cfebdbb883>
- YANG, Guowei, Jeffrey JONES, Austin MONINGER a Meiru CHE, 2018. How do Android operating system updates impact apps?. In: *Proceedings of the 5th International Conference on Mobile Software Engineering and Systems* [online]. New York, NY, USA: ACM, 2018-05-27, s. 156-160 [cit. 2023-01-10]. ISBN 9781450357128. Dostupné z: doi:10.1145/3197231.3197258
- YUAN, Hongli, Yongchuan TANG, Wenjuan SUN, Li LIU a Qi JIANG, 2020. A detection method for android application security based on TF-IDF and machine learning. In: *PLOS ONE*. 2020-9-11. ISSN 1932-6203. Dostupné z: doi:10.1371/journal.pone.0238694
- ZALOZHNEV, Alexey a Denis V. PEREMEZHKO, 2022. IT Project Management: Supply Chain Optimization for Service Operations. In: *IFAC-PapersOnLine* [online]. s. 2505-2508 [cit. 2024-11-27]. ISSN 24058963. Dostupné z: doi:10.1016/j.ifacol.2022.10.085
- ZANDA, Gianmarco, 2022. The Business Advantages of a Multi-GNSS Setup. In: *Telit* [online]. 6.4.2022 [cit. 2023-01-07]. Dostupné z: <https://www.telit.com/blog/multi-gnss-business-advantages/>
- ZANGENEHNEJAD, Farzaneh a Yang GAO, 2021. GNSS smartphones positioning: advances, challenges, opportunities, and future perspectives. *Satellite Navigation* [online]. 16.11.2021, 2(1) [cit. 2022-12-14]. ISSN 2662-1363. Dostupné z: doi:10.1186/s43020-021-00054-y
- ZARTIS, 2024. How to implement software process improvement. *Zartis* [online]. [cit. 2024-11-24]. Dostupné z: <https://www.zartis.com/software-process-improvement-spi/>

ZÝKOVÁ, Petra, 2020. *Metoda WSA* [online]. 3.5.2020 [cit. 2024-11-20]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=gjQqQedKCCQ>

ŽELEZNIČNÁ SPOLOČNOSŤ SLOVENSKO, A.S., 2023. Mobilná aplikácia Ideme vlakom [online]. [cit. 2023-01-14]. Dostupné z: <https://www.zssk.sk/ideme-vlakom/>

Vlastní publikace

ŠMÍDOVÁ, Pavla a Stanislav MACHALÍK, 2021. Využití metod AI pro klasifikaci obrazu železničních traťových návěstidel. In: *XXV. konference s mezinárodní účastí Současné problémy v kolejových vozidlech*. Pardubice: Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera, s. 8. ISBN 978-80-7560-377-7

ŠOHAJEK, Petr, Martin ŠUSTR, Pavla ŠMÍDOVÁ a Radovan SOUŠEK, 2023. A Reliable Low-Cost Interlocking System for Regional Railway Lines. In: *TRANSBALTICA XIII: Transportation Science and Technology*. Cham: Springer International Publishing, 2023-02-22, s. 746-755. Lecture Notes in Intelligent Transportation and Infrastructure. ISBN 978-3-031-25862-6. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-031-25863-3_72

ŠMÍDOVÁ, Pavla a Stanislav MACHALÍK, 2023. A Background to a Methodology for Transport Mobile Applications Designing with a Focus on EU Interoperability. In: *Infrastructures*. s. 14. ISSN 2412-3811. Dostupné z: doi:10.3390/infrastructures8020034

ŠMÍDOVÁ, Pavla, Petr ŠOHAJEK, Stanislav MACHALÍK a Karel GREINER, 2023. Distribution Of Mobile Applications To Users In The Rail Transport Operation Environment. In: VEDECKOTECHNICKÁ SPOLOČNOSŤ PRI ŽILINSKEJ UNIVERZITE V ŽILINE, STROJNÍCKA FAKULTA ŽILINSKEJ UNIVERZITY V ŽILINE a DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA UNIVERZITY PARDUBICE. XXVI. Medzinárodná Konferencia Súčasné Problémy V Kolajových Vozidlách – Zborník prednášok. Žilina: EDIS-vydavateľstvo UNIZA, s. 8. ISBN 978-80-89276-61-5. Dostupné z: doi:https://doi.org/10.26552/spkv.Z.2023.2.37

ŠMÍDOVÁ, Pavla a Petr ŠOHAJEK, 2023. User Interface of Mobile Applications for Railway Transport Operation. In: *Transport Means 2023 Sustainability: Research And Solutions. Proceedings Of The 27th International Scientific Conference*. Kaunas: Publishing House „Technologija“, s. 5. ISSN 1822-296 X.

Seznam příloh

Příloha A – Analyzované dopravní aplikace.....	148
Příloha B – Složení vývojového týmu a odpovědnosti.....	160
Příloha C – Návrh polostrukturovaného rozhovoru pro zjištění požadavků.....	161
Příloha D – Návrh struktury zadání pro programátora	163
Příloha E – Šablona testovacího scénáře.....	164
Příloha F – Návrh struktury dokumentace.....	165
Příloha G – Návrh aplikace – polostrukturovaný rozhovor.....	167
Příloha H – Návrh aplikace – Testovací scénář.....	171
Příloha I – Návrh aplikace – Dokumentace.....	172
Příloha J – Návrh aplikace – Doporučení mobilního zařízení	175
Příloha K – Návrh aplikace – zadání pro programátora.....	176
Příloha L – Návrh UI formuláře.....	179
Příloha M – Use Case diagram.....	180
Příloha N – Sekvenční diagram.....	181
Příloha O – Komponentový diagram.....	182

Přílohy

Příloha A – Analyzované dopravní aplikace

Interní aplikace dopravců

ETD – Electronic Timetable Display

Aplikace ETD (ČD-IS, 2023a) je nástroj pro správu tabulkových jízdních řádů na mobilním zařízení uživatele – strojvedoucího. Aplikace přebírá tabulkové jízdní řády od Správy železnic, s. o. Aplikaci využívají čeští dopravci ČD a ČD Cargo.

Určení:doprovce

Autor:ČD-IS

Správa uživatelů:adresář uživatelů skupiny ČD na bázi LDAP

Funkce:správa jízdních řádů pro strojvedoucí

Zobrazovaná data:texty, tabulky

Podporovaný OS:Android

GNSS (Global Navigation Satellite System):používá

Distribuce aplikace:vlastní MDM

Země:ČR

MPRIS

Aplikace M-PRIS (ČD-IS, 2023b) je mobilní verzí IS PRIS. Slouží jako podpora práce ve stanicích se zvláštním zaměřením na seřadovací nádraží, kde probíhá stavba vlaků. Uživatel přímo v kolejišti pořizuje do mobilního zařízení vstupní data (prohlídka vlaku, soupis vlaku, zařazení vlaku apod.), která jsou následně odeslána ke zpracování. Aplikaci využívá největší český dopravce ČD Cargo.

Určení:doprovce

Autor:ČD-IS

Správa uživatelů:adresář uživatelů skupiny ČD na bázi LDAP

Funkce:pořizování provozních dat o vlacích

Zobrazovaná data:texty, tabulky

Podporovaný OS:Android

GNSS:nepoužívá

Distribuce aplikace:Vlastní MDM

Země:ČR (jsou uvažovány další země EU)

MEKN

Aplikace MEKN je mobilní verzí EKN – Elektronické knihy normálií. Slouží jako softwarová podpora pro elektronické seznamování zaměstnanců s dokumenty, jejímž cílem je postupně eliminovat nutnost distribuce papírových dokumentů aplikací zaměstnancům. Aplikaci využívá největší český dopravce ČD Cargo.

Určení:dopravce
Autor/objednatel:ČD-IS
Správa uživatelů:adresář uživatelů skupiny ČD na bázi LDAP
Funkce:správa odborné dokumentace zaměstnance
Zobrazovaná data:texty, tabulky
Podporovaný OS:Android
GNSS:nepoužívá
Distribuce aplikace:vlastní MDM
Země:ČR

ČDCgo

Aplikace ČDCgo (ČDCgo, 2023) je určena ke sledování stavu objednané přepravy prázdných a ložených vozů. Je mobilní variantou portálu Eroza. Aplikace je určena pro zákazníky českého dopravce ČD Cargo.

Určení:dopravce
Autor:Betrian
Správa uživatelů:adresář uživatelů ČD Cargo
Funkce:zobrazování stavu vozů
Zobrazovaná data:texty, tabulky
Podporovaný OS:Android, iOS
GNSS:nepoužívá
Distribuce aplikace:Google Play, App Store
Země:ČR

EVAL mobile

Mobilní aplikace EVAL (OLTIS Group a.s., 2021) je mobilní částí desktopové aplikace EVAL. Mobilní aplikace shromažďuje informace o činnostech prováděných strojvedoucími, odesílá tyto informace do agend EVAL a dále je zpracovává. Tato data jsou podkladem pro evidenci a plánování práce řidičů a zdrojem informací pro dispečery. K zobrazení dat slouží webové rozhraní LWP.

Určení:dopravce
Autor:OLTIS
Správa uživatelů:vlastní úložiště v aplikaci Eval (dle dopravce)
Funkce:pořizování dat o pracovních úkonech
Zobrazovaná data:texty, tabulky
Podporovaný OS:Android
GNSS:používá
Distribuce aplikace:Google Play
Země:ČR, SR, HUN – malí dopravci

Projekt MobiDriver

Tento projekt (OLTIS Group, a.s, 2023) zahrnuje vývoj aplikace pro sběr provozních dat železničních provozovatelů. Jeho cílem je vyvinout aplikaci s nižšími pořizovacími náklady a funkcemi: závady na vozidlech, soupis vlaků a vlakovou dokumentaci. Předpokládá se, že aplikaci budou využívat menší dopravci v Polsku a Maďarsku.

Určení:dopravce

Autor:OLTIS

Správa uživatelů:vlastní DB uživatelů dle dopravce

Země: PL, HU

Podaj NL ZSSK CARGO a.s.

Tato mobilní aplikace (Ihnát, 2018) umožňuje spravovat nákladní listy zásilek na nákladních vlacích.

Určení:dopravce

Autor:OLTIS

Správa uživatelů:vlastní DB uživatelů dopravce

Funkce:správa nákladních listů zásilek

Zobrazovaná data:texty, tabulky

Podporovaný OS:Android

GNSS:nepoužívá

Distribuce aplikace:Google Play

Země:SK

Rail Navigator

Rail Navigator (RAIL NAVIGATOR LTD., RAILWAY TECHNOLOGY SOFTWARE, 2023) je platforma poskytující služby pro železniční nákladní dopravu. Zahrnuje mobilní aplikaci, která slouží k vyplňování záznamu o jízdě vlaku a která je dále propojena s webovou aplikací pro dispečery.

Určení:dopravce

Autor:Rail Navigator Informatikai Fejlesztő

Správa uživatelů:vlastní DB uživatelů dopravce

Funkce:správa vlakové dokumentace

Zobrazovaná data:texty, tabulky

Podporovaný OS:Android

GNSS:používá

Distribuce aplikace:vlastní distribuce k uživatelům

Země:HU

WDRflyer

WDRflyer (RailAppSolutions, 2023) je aplikace pro hlášení škod na vozidle. Skládá se z mobilní aplikace, kde se pořizuje a odesílá hlášení o škodě, a z webového portálu, kde se spravují přijatá data.

Určení:dopravce

Autor:RailAppSolutions

Správa uživatelů:vlastní DB uživatelů dopravce

Funkce:pořizování dat o nákladních vozidlech a škodách na nich

Zobrazovaná data:texty, tabulky

Podporovaný OS:Android, iOS

Distribuce aplikace:Google Play, App Store

Země:země EU

TrainChecker

TrainChecker (RailAppSolutions, 2023) je aplikace, která kombinuje funkci hlášení škod a vytváření seznamu nákladních vozidel. Čísla nákladních vozů lze pořádit fotografiemi, další údaje o vozech se načítají z databází a některé informace (např. brzdovou hmotnost) lze v aplikaci vypočítat.

Určení:dopravce

Autor:RailAppSolutions

Správa uživatelů:vlastní DB uživatelů dopravce

Funkce:pořizování dat o vlacích a škodách na nich

Zobrazovaná data:texty, tabulky

Podporovaný OS:Android, iOS

Distribuce aplikace:Google Play, App Store

Země:země EU

Aplikace konkrétního dopravce pro cestující veřejnost

Můj Vlak

Aplikace Můj Vlak (České dráhy, a.s., 2023) je mobilní podpora pro cestování vlaky Českých drah. Uživateli poskytuje možnost vyhledávání vlakových spojů, nákup vnitrostátních jízdenek, místenek a doplňkových služeb ČD, informace o průběhu cesty, sledování aktuální polohy a zpoždění vlaku, přehled o výlukách, mimořádnostech, změnách trasy vlaku apod.

Určení:cestující veřejnost konkrétního dopravce

Autor:CHAPS

Správa uživatelů:bez přihlášení/DB uživatelů portálu ČD

Podporovaný OS:Android, iOS

GNSS:používá

Distribuce aplikace:Google Play, App Store

Země:ČR

Leo Express: Stylové cestování

Aplikace Leo Express (Leo Express, 2023) disponuje podobnými funkcemi jako aplikace Můj Vlak, je určena pro cestující dopravce Leo Express.

Určení:cestující veřejnost konkrétního dopravce

Autor:Leo Express

Správa uživatelů:bez přihlášení/DB uživatelů portálu dopravce

Podporovaný OS:Android, iOS

GNSS:používá

Distribuce aplikace:Google Play, App Store, Huawei AppGallery

Země:ČR

RegioJet

Aplikace RegioJet (Student Agency, 2023) disponuje podobnými funkcemi jako aplikace Můj Vlak, je určena pro cestující dopravce RegioJet.

Určení:cestující veřejnost konkrétního dopravce

Autor:RegioJet

Správa uživatelů:bez přihlášení/DB uživatelů portálu dopravce

Podporovaný OS:Android, iOS

GNSS:používá

Distribuce aplikace:Google Play, App Store, Huawei AppGallery

Země:ČR

Arriva CZ

Aplikace Arriva CZ (ARRIVA TRANSPORT ČESKÁ REPUBLIKA a.s., 2023) disponuje podobnými funkcemi jako aplikace Můj Vlak, je určena pro cestující dopravce Arriva CZ.

Určení:cestující veřejnost konkrétního dopravce

Autor:ARRIVA TRANSPORT ČESKÁ REPUBLIKA a.s.

Správa uživatelů:bez přihlášení/DB uživatelů portálu dopravce

Podporovaný OS:Android, iOS

GNSS:používá

Distribuce aplikace:Google Play, App Store

Země:ČR

Vlakem na výlet

Aplikace Vlakem na výlet (České dráhy, a.s., 2023a) je spolu s webem vlakemnavylet.cz volnočasovým portálem Českých drah, který slouží k vyhledávání výletních cílů podle různých kategorií.

Určení: cestující veřejnost konkrétního dopravce

Autor: ČD

Správa uživatelů: bez přihlášení/DB uživatelů portálu ČD

Podporovaný OS: Android, iOS

GNSS: používá

Distribuce aplikace: Google Play, App Store, Huawei App Gallery

Země: ČR

Ideme Vlakom

Ideme Vlakom (Železničná spoločnosť Slovensko, a.s., 2023) je mobilní aplikace národního dopravce Železničná spoločnosť Slovensko určená pro cestující veřejnost. Slouží k nákupu jízdních dokladů, rezervaci místenek, vyhledávání spojů a dostupných informací o vlacích provozovaných Železničnou společností Slovensko.

Určení: cestující veřejnost konkrétního dopravce

Autor: Železničná spoločnosť Slovensko, a.s.

Správa uživatelů: bez přihlášení/DB uživatelů portálu ŽSSK

Podporovaný OS: Android, iOS

GNSS: používá

Distribuce aplikace: Google Play, App Store, Huawei App Gallery

Země: SR

Rozklad-PKP

Rozklad-PKP (PKP Informatyka & PKP s.a., 2023) je mobilní aplikace pro plánování cesty vlakem. Obsahuje jízdní řády a další informace všech poskytovatelů osobní železniční dopravy v Polsku. Mobilní aplikace je propojena s portálem www.rozklad-pkp.pl.

Určení: cestující veřejnost konkrétního dopravce

Autor: PKP

Správa uživatelů: bez přihlášení/DB uživatelů portálu ŽSSK

Podporovaný OS: Android, iOS

GNSS: používá

Distribuce aplikace: Google Play, App Store

Země: PL

MÁV-START

Aplikace MÁV-START (MÁV, 2023) slouží k plánování cesty osobními vlaky v Maďarsku. Obsahuje funkce pro vyhledávání spojů, nákup jízdenek, informace o stanicích atd.

Určení: cestující veřejnost konkrétního dopravce

Autor: MÁV-START

Správa uživatelů: bez přihlášení/DB uživatelů portálu MÁV

Podporovaný OS: Android, iOS

GNSS:používá

Distribuce aplikace:Google Play, App Store, Huawei App Gallery

Země:HU

Aplikace pro cestující veřejnost v konkrétním Integrovaném dopravním systému (IDS)/oblasti

MobilOK new

Aplikace MobilOK new (Koordinátor Integrovaného dopravního systému Olomouckého kraje, p. o, 2023) slouží k nákupu a používání celého sortimentu jízdenek v rámci Integrovaného dopravního systému Olomouckého kraje (IDSOK). Dalšími funkcemi je vyhledávání spojení, zobrazení odjezdů z vybrané zastávky, sledování jedoucího spoje na mapě a informace o kontaktních místech v systému IDSOK.

Autor:CHAPS

Správa uživatelů:bez přihlášení/DB uživatelů portálu IDSOK

Podporovaný OS:Android, iOS

GNSS:používá

Distribuce aplikace:Google Play, App Store

Země:ČR

IDS JMK Poseidon

IDS JMK Poseidon (KORDIS JMK, 2020) je aplikace s obdobnými funkcemi, určená pro IDS Jihomoravského kraje.

Autor:JMK

Správa uživatelů:bez přihlášení/DB uživatelů portálu JMK

Podporovaný OS:Android, iOS

GNSS:používá

Distribuce aplikace:Google Play, App Store

Země:ČR

PID Lítačka (Pražská integrovaná doprava)

Aplikace PID Lítačka (Operátor ICT a.s., 2023) disponuje obdobnými funkcemi a je určená pro IDS Pražská integrovaná doprava.

Autor:PID

Správa uživatelů:bez přihlášení/DB uživatelů portálu PID

Podporovaný OS:Android, iOS

GNSS:používá

Distribuce aplikace:Google Play, App Store

Země:ČR

Idolka

Aplikace Idolka (KORID, 2023) disponuje obdobnými funkcemi a je určena pro IDS Libereckého kraje.

Autor:KORID

Správa uživatelů:bez přihlášení/DB uživatelů portálu IDOL

Podporovaný OS:Android, iOS

GNSS:používá

Distribuce aplikace:Google Play, App Store

Země:ČR

DÚKapka

Aplikace DÚKapka (Ústecký kraj, 2023) disponuje obdobnými funkcemi v rámci integrovaného dopravního systému Doprava Ústeckého kraje (DÚK).

Autor:CHAPS

Správa uživatelů:bez přihlášení/DB uživatelů portálu DÚKapka

Podporovaný OS:Android, iOS

GNSS:používá

Distribuce aplikace:Google Play, App Store

Země:ČR

ODISapka

Aplikace ODISapka (ODIS, 2020) disponuje obdobnými funkcemi v rámci integrovaného dopravního systému Moravskoslezského kraje (ODIS).

Autor:Koordinátor ODIS

Správa uživatelů:bez přihlášení/DB uživatelů portálu ODIS

Podporovaný OS:Android, iOS

GNSS:používá

Distribuce aplikace:Google Play, App Store

Země:ČR

One Ticket

Aplikace One Ticket (Ministerstvo dopravy ČR a CENDIS, s.p., 2020) slouží k prodeji jízdenek v rámci Státního jednotného tarifu.

Autor:CENDIS

Správa uživatelů:bez přihlášení/DB uživatelů portálu One Ticket

Podporovaný OS:Android, iOS

GNSS:používá

Distribuce aplikace:Google Play, App Store

Země:ČR

DoKapsy

Aplikace DoKapsy (ČSOB, 2023) umožňuje nákup jízdenek v MHD v různých městech a IDS v ČR, dále nabízí doplňkové funkce – placení parkovného, informace o výletech, nákup dálničních známek atd.

Autor:ČSOB, GlobData

Správa uživatelů:bez přihlášení/DB uživatelů portálu ČSOB

Podporovaný OS:Android, iOS

GNSS:používá

Distribuce aplikace:Google Play, App Store

Země:ČR

SEJF

Sejf (GLOBDATA a.s., 2023) je mobilní aplikace pro stejnojmennou platformu s podobnými funkcemi jako aplikace DoKapsy.

Autor:Direct Pay

Správa uživatelů:DB uživatelů portálu SEJF

Podporovaný OS:Android, iOS

GNSS:používá

Distribuce aplikace:Google Play, App Store

Země:ČR

BILKOM Bilety

BILKOM (PKP Informatyka, 2023) je polská aplikace pro nákup a správu vstupenek a dalších doplňkových služeb. Zahrnuje železniční spoje nabízené společnostmi PKP Intercity, PolRegio, PKP SKM, Lodžské aglomerační železnice, Velkopolské železnice, Malopolské železnice, Arriva RP, Koleje Śląskie. Mobilní aplikace je propojena s portálem <https://bilkom.pl/>.

Určení:cestující veřejnost v konkrétním IDS/oblasti

Autor:PKP Informatyka spółka z o.o.

Správa uživatelů:bez přihlášení/DB uživatelů portálu MÁV

Podporovaný OS:Android, iOS

GNSS:používá

Distribuce aplikace:Google Play, App Store

Země:PL

Aplikace pro cestující veřejnost nezávisle na dopravci/IDS

IDOS

IDOS (CHAPS spol. s r.o., 2023) je mobilní aplikace určená především k vyhledávání vlakových, autobusových a veřejných dopravních spojů různých dopravců. Poskytuje i další služby – SMS jízdenku, zobrazení spojů na mapě apod.

Autor:CHAPS

Správa uživatelů:bez přihlášení/DB uživatelů portálu IDOS

Podporovaný OS:Android, iOS

GNSS:používá

Distribuce aplikace:Google Play, App Store

Země:ČR

Cestovné poriadky

Cestovné poriadky (CHAPS spol. s r.o., 2023) je slovenskou obdobou aplikace IDOS, má stejné funkce.

Autor:CHAPS

Správa uživatelů:bez přihlášení/DB uživatelů portálu CP

Podporovaný OS:Android, iOS

GNSS:používá

Distribuce aplikace:Google Play, App Store

Země:SR

Jízdní řády

Aplikace Jízdní řády (Seznam.cz, a.s., 2023), má velmi podobné funkce, aplikace IDOS.

Autor:Seznam.cz

Správa uživatelů:bez přihlášení

Podporovaný OS:Android, iOS

GNSS:používá

Distribuce aplikace:Google Play, App Store, Huawei App Gallery

Země:ČR

Zpoždění vlaků SK

Aplikace Zpoždění vlaků SK (Google, 2023a) zobrazuje na mapě nebo v seznamu všechny vlaky, které aktuálně jezdí na slovenské železniční síti. Vlaky lze spravovat v oblíbených položkách, filtrovat podle různých kritérií apod. Zdrojem dat jsou ŽSR.

Autor:Marek Scholtz

Správa uživatelů:bez přihlášení

Podporovaný OS:Android

GNSS:používá

Distribuce aplikace:Google Play

Země:SR

Opóźnienia pociągów

Aplikace (Google, 2023b) zobrazuje zpoždění vlaků na daném nádraží v Polsku. Funkcemi aplikace jsou vyhledávání stanic, seznam odjíždějících a přijíždějících vlaků ve stanici, seznam

stanic na trase vlaku, aktuální poloha vlaku v jednotlivých stanicích, informace o dopravci, upozornění atd.

Autor: Rafał Leoszkiewicz

Správa uživatelů: bez přihlášení

Podporovaný OS: Android

GNSS: používá

Distribuce aplikace: Google Play

Země: PL

Aplikace pro cestující veřejnost od provozovatele infrastruktury

V ČR je na naprosté většině veřejných železničních drah správcem a provozovatelem SŽ. Veřejnosti poskytuje jednu aplikaci, která je ale svým zaměřením tak jedinečná, že jí je věnována zvláštní kapitola a podrobnější popis.

Infotabule

Mobilní aplikace Infotabule (SŽ, s.o., 2023) poskytuje cestujícím na železnici aktuální data z provozních IS Správy železnic, s.o., pro všechny stanice a zastávky. Informuje o on-line jízdních řádech, zpožděních, nástupišťích a kolejích, ze kterých budou jednotlivé vlaky vyjíždět. Aplikace je k dispozici i v desktopové verzi.

Autor: ČD-IS

Správa uživatelů: bez přihlášení

Podporovaný OS: Android, iOS

GNSS: používá

Distribuce aplikace: Google Play, AppStore

Země: ČR

Zdrojem dat je IS GRAPP – Grafická prezentace polohy (SŽ, s.o., 2020). Webová aplikace GRAPP slouží k zobrazení aktuální polohy vlaků v železniční síti a zobrazení informací o vlacích a detailech jejich jízd a omezeních provozu. Uživatel si může pomocí filtrů (dopravci, druh vlaku, zpoždění) vybrat požadovaná data a zobrazit je v prohlížeči:

GRAPP | verze: 4.8.3 | podpora +420 702 001 199 (8-16h) | **SPRÁVA ŽELEZNIC** | Český

Ostatní filtry

<input checked="" type="checkbox"/> EC	<input checked="" type="checkbox"/> SC	<input checked="" type="checkbox"/> AEx	<input checked="" type="checkbox"/> Os	<input checked="" type="checkbox"/> Rx	<input checked="" type="checkbox"/> TLX
<input checked="" type="checkbox"/> IC	<input checked="" type="checkbox"/> EN	<input checked="" type="checkbox"/> R	<input checked="" type="checkbox"/> RJ	<input checked="" type="checkbox"/> NJ	<input checked="" type="checkbox"/> LET

Zpoždění

náskok

0 - 5 minut

✓ 6 - 15 minut

✓ 16 - 30 minut

✓ 31 - 60 minut

více než 1 hodina

neznámé

Použití filtru | Obnovit výchozí

Vyhledávání | Filtr dopravců | Ostatní filtry

Automatická aktualizace za 2 s

Dopravců: 10
Vlaků: 81

Osobní vlaky typu: LE, Ex, Sp, rj, TL, EC, SC, AEx, Os, Rx, TLX, IC, EN, R, RJ, NJ, LET

Viastrnik: Správa železnic, s.o.
Provozovatel: OLTIS Group, a.s.

© 2020 Správa železnic, jakékoliv užití dat bez souhlasu vlastníka je porušením zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, v platném znění
Cookies

Příloha B – Složení vývojového týmu a odpovědnosti

<i>Role</i>	<i>Odpovědnosti</i>
Projektový manažer	Řízení projektu včetně komunikace v celém týmu
Analytik	Spolupráce na návrhu použitých technologií Sběr a analýza požadavků Identifikace rizik Tvorba zadání pro programátory Spolupráce na testovacích scénářích Tvorba dokumentace
Specialista na UI/UX	Spolupráce na návrhu použitých technologií Návrh UI/UX
Specialista na kyberbezpečnost	Spolupráce na návrhu použitých technologií Návrh zabezpečení aplikace a dat Kontrola souladu se standardy
Programátor	Spolupráce na návrhu použitých technologií Vývoj aplikace podle návrhu
Tester (interní)	Spolupráce na návrhu použitých technologií Spolupráce na tvorbě testovacích scénářů a dokumentace Interní testování
Tester – penetrační testování (subdodavatel)	Provádění penetračních testů, identifikace zranitelností, návrh opatření.
DevOps specialista	Nastavení CI/CD procesů, automatizace nasazení aplikace, konfigurace prostředí (např. Microsoft Intune).

Poznámka: Tabulka obsahuje složení týmu včetně specialistů a slouží k přehlednému uvedení odpovědností jednotlivých členů. V každém projektu může být složení týmu jiné, podle zjištěných priorit projektu a zjištěných požadavků na aplikaci.

Hlavním cílem tohoto přehledu je snadné dohledání, jaké odpovědnosti mají být při redukcí vývojového týmu rozděleny mezi zbývající členy. Zajišťuje tak jasné rozdělení kompetencí a eliminuje případné nejasnosti v průběhu projektu.

Příloha C – Návrh polostrukturovaného rozhovoru pro zjištění požadavků

Účel a očekávání od aplikace

- Jaký je hlavní účel aplikace – co by měla aplikace primárně řešit?
- Jakým konkrétním úkonům v provozu železniční dopravy by měla aplikace pomáhat?
- Jak byla tato oblast řešena doposud (nevyhovující IS či aplikace, zastaralé technologie apod.) a co vám na tomto řešení nevyhovovalo?
- Jaké faktory při používání aplikace považujete za důležité? (např. doba odezvy, spolehlivost, uživatelská spokojenost)

Koncoví uživatelé

- Kdo budou koncoví uživatelé aplikace?
- Jaká je technická zdatnost koncových uživatelů?
- Bude aplikace pracovat s různými uživatelskými rolemi včetně jiných oprávnění?
- Budou se uživatelé aplikace autorizovat a autentizovat proti nějakému existujícímu adresáři uživatelů?

Prostředí, kde bude aplikace používána

- V jakém prostředí z hlediska datového připojení bude provozována? (Kancelář s wi-fi, venkovní prostor s častými změnami typu mobilní sítě včetně varianty s chybějícím datovým signálem atd.)

Uživatelské rozhraní a uživatelská zkušenost

- Existují nějaká pravidla pro UI/UX, která musí aplikace splňovat (firemní identitu, designový manuál apod.)?
- Jaká data především budou zobrazována – texty, obrázky, tabulky apod.?
- Máte nějaké speciální požadavky na přístupnost aplikace (pro slabozraké apod.)?

Integrace s jinými systémy

- Bude aplikace komunikovat s nějakými dalšími informačními systémy?
- Jaká data bude aplikace přijímat a odesílat?
- Existují již hotová rozhraní, do kterých bude aplikace integrována?

Standardy

- Bude aplikace muset splňovat některé specifické standardy (EU, standardy a zvyklosti partnerů a subdodavatelů apod.) v oblasti dat, rozhraní atd.?

Formáty dat

- Existují specifické formáty dat, které musí aplikace podporovat (vstupní i výstupní)?

Zabezpečení

- Jsou nějaké specifické požadavky na zabezpečení aplikace a ochranu dat?
- Existují konkrétní bezpečnostní normy nebo protokoly, které musí aplikace dodržet?

Platformy

- Na jakých platformách bude aplikace provozována – typ mobilního zařízení, OS apod.

Testování aplikace

- Máte specifické požadavky na testování aplikace (konkrétní podoba UAT testů, předávání výsledků testování v daném formátu apod.)?

Dokumentace

- Máte nějaké specifické požadavky na dokumentaci aplikace (uživatelská příručka, technická dokumentace, školení apod.)?

Rozpočet a harmonogram

- Jaké máte představy o rozpočtu na vývoj této aplikace?
- Je nějaký konkrétní termín nebo časový rámec, který musíme dodržet?

Budoucí rozšíření aplikace

- Máte v plánu aplikaci v budoucnu dále rozšiřovat, například o nové funkce či možnosti?

Další požadavky nebo očekávání

- Existují nějaké další specifické požadavky a skutečnosti, které jsme ještě neprobrali, ale jsou pro vás důležité?

Příloha D – Návrh struktury zadání pro programátora

V rámci standardizace procesů je navržena jednotná podoba zadání pro programátora, které vytváří analytik na základě požadavků na aplikace, případně ve spolupráci s dalšími specialisty (UI/UX designer, bezpečnostní expert apod.). Zadání je rozděleno do několika logických celků a je vytvořeno ve standardizované formě, která zajišťuje jednotnost a snadnou srozumitelnost pro programátory při práci na různých aplikacích. Je psáno ve formátu .md (Markdown), který umožňuje vytvářet odkazy mezi soubory, vkládat obrázky a přehledně strukturovat obsah.

Struktura zadání:

- obecné informace:
 - použité technologie,
 - autorizace a autentizace uživatele,
 - obecný vzhled aplikace – barevné schéma, obecné prvky na formulářích, ikony apod.,
 - ošetření různé kvality datového připojení včetně offline režimu,
 - zabezpečení aplikace a přenosu dat,
 - ostatní obecné informace, týkající se celkového zpracování aplikace,
- popis API:
 - přehled API rozhraní:
 - seznam používaných endpointů,
 - datové formáty,
 - specifikace jednotlivých endpointů:
 - název endpointu,
 - HTTP metoda (GET, POST, PUT, DELETE),
 - požadované parametry (query/body),
 - očekávaná odpověď (včetně příkladů dat),
 - chybové kódy a jejich popis,
 - autentizace a autorizace:
 - jak se API ověřuje (např. bearer token),
- popis obrazovek:
 - UI obrazovky,
 - popis funkčností,
 - napojení na konkrétní API – přijímají a odesílaná data,
 - validace zadávaných dat,
 - popis uživatelských akcí.

Příloha E – Šablona testovacího scénáře

V rámci navrženého opatření standardizace procesů autorka navrhla šablonu testovacího scénáře. Šablona vychází z vědeckých a odborných článků a z vlastních praktických zkušeností při vývoji mobilních aplikací, resp. software. Obsahuje všechny podstatné informace, které tester potřebuje k provedení testu, a umožňuje jasně popsat výsledky testování pro případné opravy.

Kostru této šablony lze využít i v automatizovaném testování – například při použití nástroje Selenium lze na jejím základě vytvořit odpovídající testovací skript.

<i>Položka</i>	<i>Popis</i>
ID testovacího scénáře	Jedinečný identifikátor (např. TC-001).
Název scénáře	Stručný popis testu (např. "Ověření přihlášení uživatele").
Popis testu	Cíl testu, např. "Ověřit, že uživatel se přihlásí platnými údaji."
Předpoklady	Podmínky před testem (např. registrovaný účet).
Kroky testu	Seznam kroků:
	1. ..
	2. ..
Očekávaný výsledek	Popis výsledku (např. "Uživatel je přesměrován na úvodní obrazovku aplikace").
Status testu	Pass / Fail / Blocked.
Testovací data	Data potřebná pro provedení testu (např. uživatelské jméno, heslo).
Poznámky / chyby	Detaily chyb a screenshoty z testu.

Příloha F – Návrh struktury dokumentace

Jak bylo uvedeno v kap. 6.4.11, v případě, že zákazník nepožaduje specifickou dokumentaci, je vhodné mít připravený návrh, který zachycuje všechny klíčové potřebné informace. S ohledem na výsledky provedené analýzy současného stavu a zjištěná specifika aplikací v řešené oblasti autorka navrhla toto uspořádání:

Technická dokumentace

Zaměřuje se na popis implementace, architektury a technologických aspektů aplikace, obsahuje tyto kapitoly:

- architektura systému:
 - diagramy architektury (např. komponenty, datové toky, integrace s API),
 - popis použitých technologií (frontend, backend, databáze, cloud),
 - rozhraní mezi jednotlivými subsystemy,
- popis API a integrací:
 - dokumentace API – popis endpointů, parametrů, všech použitých metod (např. REST/GraphQL),
 - integrace se systémy třetích stran (např. mapové služby, platební brány),
 - ukázky requestů a response v JSON/XML formátu,
- datová struktura:
 - použité datové formáty (JSON, CSV apod.),
- konfigurace a prostředí:
 - instrukce pro konfiguraci mobilních zařízení,
 - popis vývojových a produkčních prostředí.

Uživatelská dokumentace

Slouží koncovým uživatelům aplikace.

Uživatelský manuál

- návod k instalaci a spuštění aplikace,
- popis funkcionalit a jejich používání včetně screenshotů.

Školení uživatelů

Cílem školení je zajistit, aby uživatelé uměli aplikaci efektivně používat a spravovat.

Obsah školení:

- spuštění aplikace a přihlášení,
- práce s uživatelským rozhraním: zadávání dat, vyplňování formulářů a práce s přehledy,

- funkcionality aplikace: představení všech funkcí na reálných příkladech,
- praktická část: samostatné vyzkoušení funkcionalit uživateli,
- řešení běžných problémů: postupy a doporučené kroky.

Testovací dokumentace

Testovací dokumentace je součástí celkové dokumentace v případě, že je do procesu zahrnuto UAT (User Acceptance Testing) – uživatelské testování prováděné zákazníkem. Slouží jako návod k provedení důkladného a systematického testování a je zákazníkovi předána před zahájením této fáze.

Obecné informace

- přístupy do testovacího prostředí,
- popis provádění testování,
- způsob nahlašování chyb,
- popis procesu opravení chyb.

Testovací scénáře

- seznam všech testovacích scénářů, které zajistí systematické otestování produktu, testovací scénáře jsou vytvořeny na základě šablony v příloze E.

Výsledky UAT testování

- jsou doplněny do dokumentace po provedení UAT testů zákazníkem a po provedení oprav.

Příloha G – Návrh aplikace – polostrukturovaný rozhovor

Účel a očekávání od aplikace

- Jaký je hlavní účel aplikace – co by měla aplikace primárně řešit?
 - Aplikace slouží jako mobilní rozšíření stávajícího systému PRIS. Umožňuje sbírat data přímo v kolejišti a odesílat je do navazujících systémů, ze kterých zároveň získává informace potřebné pro práci uživatele.
- Jakým konkrétním úkonům v provozu železniční dopravy by měla aplikace pomáhat?
 - Tato část aplikace bude zajišťovat funkci „Editace vozu – údaje z PDV“. Zobrazí data o voze z IS PDV, která zaměstnanec zkontroluje a případně upraví na základě aktuálního stavu vozu zjištěného na pracovišti. Upravená data, spolu s dalšími informacemi, slouží jako podklad pro vytvoření zprávy Složení vlaku, která je odesílána do IS COMPOST.
- Jak byla tato oblast řešena doposud (nevyhovující IS či aplikace, zastaralé technologie apod.) a co vám na tomto řešení nevyhovovalo?
 - Dosud se potřebná data zadávala do PRIS prostřednictvím webového rozhraní. Pracovník tedy musel nějakým způsobem data v kolejišti pořádit, potom přejít k pracovnímu místu vybavenému počítačem nebo použít webové rozhraní v tabletu.
- Jaké faktory při používání aplikace považujete za důležité? (např. doba odezvy, spolehlivost, uživatelská spokojenost)
 - Protože aplikace zpracovává zásadní informace, které jsou dále přenášeny do návazných IS a ovlivňují provoz železniční dopravy, je důležitá její celková spolehlivost. Aplikace musí být stabilní, aby nedocházelo k pádům, a zajistit správný přenos zadaných dat na příslušná místa. Je nezbytné, aby byla snadno ovladatelná, přehledná při čtení a intuitivní při zadávání dat.

Koncoví uživatelé

- Kdo budou koncoví uživatelé aplikace?
 - Provozní zaměstnanci – tranzitéři, vozmistři, strojvedoucí.
- Jaká je technická zdatnost koncových uživatelů?
 - Úroveň technické zdatnosti uživatelů se může výrazně lišit, proto musí být aplikace navržena tak, aby ji snadno zvládli používat i ti s minimálními technickými znalostmi.

- Budou se uživatelé aplikace autorizovat a autentizovat proti nějakému existujícímu adresáři uživatelů?
 - Ano, pro správu identit a přístupů používáme cloudové řešení Microsoft Entra ID.

Prostředí, kde bude aplikace používána

- V jakém prostředí z hlediska datového připojení bude provozována? (Kancelář s wi-fi, venkovní prostor s častými změnami typu mobilní sítě včetně varianty s chybějícím datovým signálem atd.)
 - Aplikace je používána v kolejišti, tzn. komunikuje přes mobilní datovou síť.

Uživatelské rozhraní a uživatelská zkušenost

- Existují nějaká pravidla pro UI/UX, která musí aplikace splňovat (firemní identitu, designový manuál apod.)?
 - Aplikace je určená pro ČD Cargo, graficky tedy musí splňovat zhruba firemní identitu. Navrhněte prosím vzhled sami, společně jej doladíme a odsouhlasíme.
- Jaká data především budou zobrazována – texty, obrázky, tabulky apod.?
 - Jde hlavně o zobrazování a zadávání většího množství dat (texty a čísla) a to i do tabulek.
- Máte nějaké speciální požadavky na přístupnost aplikace (pro slabozraké apod.)?
 - Ne.

Integrace s jinými systémy

- Bude aplikace komunikovat s nějakými dalšími informačními systémy?
 - Aplikace komunikuje s IS PRIS a IS PDV. Datové zprávy z aplikace jsou následně využívány IS PRIS k výměně informací s dalšími systémy prostřednictvím ESB.
- Jaká data bude aplikace přijímat a odesílat?
 - Aplikace přijímá a odesílá data o vlacích a vozech.
- Existují již hotová rozhraní, do kterých bude aplikace integrována?
 - Ano, aplikace využívá stávající REST služby.

Standardy

- Bude aplikace muset splňovat některé specifické standardy (EU, standardy a zvyklosti partnerů a subdodavatelů apod.) v oblasti dat, rozhraní atd.?
 - Ano, v tomto směru musí aplikace splňovat stejné podmínky jako PRIS. Komunikuje s návaznými informačními systémy, které vyžadují dodržování standardů pro

komunikaci a předávaná data. U některých návazných systémů je navíc nutné splnit podmínky interoperability stanovené regulacemi EU.

Formáty dat:

- Existují specifické formáty dat, které musí aplikace podporovat (vstupní i výstupní)?
 - Ano, v tomto směru musí aplikace splňovat stejné podmínky jako PRIS. Odesílaná data musí mít definovaný formát pro přijetí na rozhraní ESB. Zpráva Složení vlaku, určená pro IS komunikující podle podmínek interoperability EU, má formát určený TSI TAF.

Zabezpečení:

- Jsou nějaké specifické požadavky na zabezpečení aplikace a ochranu dat?
 - Je požadována vysoká úroveň zabezpečení – jak aplikace, tak i přenášených dat. ověřování uživatelů. Jednak se jedná o citlivá data, jejichž narušení může kriticky zasáhnout do provozu železniční dopravy, jednak zneužití přihlášení uživatele by mohlo být za následek neoprávněný přístup do návazných, také kritických, dalších IS.
- Existují konkrétní bezpečnostní normy nebo protokoly, které musí aplikace dodržet?
 - Ne, konkrétní řešení necháme na vás.

Platformy

- Na jakých platformách bude aplikace provozována – typ mobilního zařízení, OS apod.
 - Plánujeme pořízení jednotných tabletů pro naše zaměstnance a rádi bychom od vás obdrželi doporučení na vhodné zařízení. Pro pořizování dat budou zaměstnanci používat stejný typ tabletu včetně operačního systému, občas aplikaci použijeme i na jiném zařízení – např. pro kontrolu dat apod., na těchto zařízeních ale není nutné mít optimální podmínky pro zadávání a čtení dat, zde pouze postačí, aby byla aplikace funkční. Tablety musí být odolné pro práci v terénu a mít dostatečně dlouhou výdrž baterie pro provoz v rámci jedné směny. Zařízení bude připojováno na Wi-Fi i mobilní datové sítě. Velikost displeje by měla být srovnatelná s předchozím modelem, který naši zaměstnanci používali. Ačkoli aktuálně není potřeba využívat GNSS modul, v dalších verzích aplikace jej možná budeme potřebovat.

Testování aplikace

- Máte specifické požadavky na testování aplikace (konkrétní podoba UAT testů, předávání výsledků testování v daném formátu apod.)?
 - Požadujeme důkladné a kvalitní testování aplikace, ale konkrétní podobu stanovenou nemáme.

Dokumentace

- Máte nějaké specifické požadavky na dokumentaci aplikace (uživatelská příručka, technická dokumentace, školení apod.)?
 - Potřebujeme srozumitelnou uživatelskou příručku pro koncové uživatele a také proškolení zaměstnanců přímo v terénu – kolejišti. Dále potřebujeme dokumentaci odesílaných dat pro návazné IS. Konkrétní podobu dokumentace stanovenou nemáme.

Rozpočet a harmonogram:

- Jaké máte představy o rozpočtu na vývoj této aplikace? Máte výrazný rozpočtový limit nebo jste naopak ochotni přiměřeně zaplatit kvalitní aplikaci?
 - Samozřejmě chceme co nejvýhodnější cenu, ale prioritou je kvalita a spolehlivost aplikace.
- Je nějaký konkrétní termín nebo časový rámec, který musíme dodržet?
 - Protože v současnosti řešení (i když ne komfortní) máme, netlačí nás čas. Samozřejmě ale čím dříve aplikaci dostaneme, tím lépe.

Budoucí rozšíření aplikace

- Máte v plánu aplikaci v budoucnu dále rozšiřovat, například o nové funkce či možnosti?
 - Ano, určitě budeme aplikaci rozšiřovat. IS PRIS se také vyvíjí (nové potřeby návazných IS, změny v regulačním prostředí atd.) a aplikace bude reflektovat jeho rozvoj. Změny ale nejsou náhlé ani příliš časté.

Distribuce a aktualizace

- Máte nějaké specifické požadavky v této oblasti (např. již existující řešení apod.)?
 - Ne, ale požadujeme automatickou distribuci, instalaci a aktualizaci aplikace, aby uživatel nebyl těmito procesy zatěžován. Na služebním zařízení stejně nebude uživatel oprávněn instalovat žádný software.

Další požadavky nebo očekávání

- Existují nějaké další specifické požadavky a skutečnosti, které jsme ještě neprobrali, ale jsou pro vás důležité?
 - Pro nás je nejdůležitější, aby se uživatelům s aplikací dobře pracovalo, byla celkově spolehlivá a zároveň bezpečná. Přenáší kriticky důležitá data do dalších systémů, takže je potřeba, aby byla kvalitně navržená, spolehlivá a chráněná proti jakémukoli neoprávněnému přístupu

Příloha H – Návrh aplikace – Testovací scénář

<i>Položka</i>	<i>Popis</i>
ID testovacího scénáře	TC-001
ID úkolu v Jira	MPRIS-TC-001
Skript v Selenium	<i>odkaz na skript v Gitea</i>
Název scénáře	Editace vozu – údaje z PDV
Popis testu	Ověřit funkčnost správně vyplněného formuláře „Editace vozu – údaje z PDV „
Předpoklady	Přihlášený uživatel, formulář „Editace vozu – údaje z PDV“ vyplněný údaji o daném voze ze IS PDV
Kroky testu	Seznam kroků:
	1. Uživatel přepíše existující údaje o voze ve formuláři validními daty.
	2. Uživatel stiskne tlačítko „Uložit“.
Očekávaný výsledek	Data jsou odeslána do návazného IS. Je zobrazena hláška „Změny byly uloženy“.
Status testu	Pass / Fail / Blocked
Testovací data	Držitel: ČD Cargo Maximální rychlost (km/h): 160 Počet náprav: 4 Délka vozu (cm): 2475 Hmotnost vozu (kg): 28900
Poznámky / chyby	Detaily chyb a screenshoty z testu.

Příloha I – Návrh aplikace – Dokumentace

Technická dokumentace

Architektura systému

- komponentový diagram – viz příloha O
- popis použitých technologií:
 - platforma aplikace: určeno pro zařízení s operačním systémem Android verze 11 a vyšší,
 - zabezpečení:
 - autorizace a autentizace: MFA v kombinaci s Microsoft Entra ID,
 - přenos dat: protokol TLS/SSL,
 - aplikace:
 - šifrování uložených dat v bezpečných úložištích zařízení,
 - obfuskace kódu pro ochranu před reverzním inženýrstvím,
 - validování vstupů uživatele pro zabránění injekčním útokům,
 - ochrana relací uživatele krátkodobými tokeny,
 - detekce root/jailbreak prostředí,
 - certifikátové pinning proti útokům typu man-in-the-middle,
 - možnost vzdáleného mazání dat při ztrátě zařízení,
 - integrace a komunikace: Aplikace komunikuje s externími systémy přes API prostřednictvím ESB,
 - nasazení a správa aplikace – pro správu a distribuci aplikace je využívána technologie Microsoft Intune,
 - datové formáty: pro výměnu dat aplikace podporuje formát JSON, včetně specifických formátů dle standardu TSI TAF,
 - rozhraní mezi jednotlivými subsystémy.

Popis API a integrací

- dokumentace API – popis endpointů, parametrů, všech použitých metod (např. REST/GraphQL),
- integrace se systémy třetích stran (např. mapové služby, platební brány),
- ukázky requestů a response v JSON/XML formátu.

Datová struktura

- použité datové formáty (JSON, CSV apod.).

Konfigurace a prostředí

- instrukce pro konfiguraci mobilních zařízení.

Testovací prostředí

Napojení na systémy:

- testovací prostředí ESB,
- testovací prostředí PRIS a PDV.

Data: Fiktivní data reprezentující různé scénáře, včetně chybových stavů.

Přístup: Testovací účty s rolemi odpovídajícími produkčnímu prostředí, testovací verze aplikace probíhá také automaticky prostřednictvím MS Intune.

Produkční prostředí

Napojení na systémy:

- produkční prostředí ESB,
- produkční prostředí PRIS a PDV.

Přístup: autorizace a autentizace uživatelů přes Microsoft Entra ID (produkční instance).

Uživatelská dokumentace

Slouží koncovým uživatelům aplikace.

Uživatelský manuál

- návod k instalaci a spuštění aplikace,
- popis funkcionalit a jejich používání včetně screenshotů.

Školení uživatelů

Cílem školení je zajistit, aby uživatelé uměli aplikaci efektivně používat a spravovat.

Obsah školení:

- spuštění aplikace a přihlášení,
- práce s uživatelským rozhraním: zadávání dat, vyplňování formulářů a práce s přehledy,
- funkcionality aplikace: představení všech funkcí na reálných příkladech,
- praktická část: samostatné vyzkoušení funkcionalit uživateli,
- řešení běžných problémů: postupy a doporučené kroky.

Testovací dokumentace

Testovací dokumentace je součástí celkové dokumentace v případě, že je do procesu zahrnuto UAT (User Acceptance Testing) – uživatelské testování prováděné zákazníkem. Slouží jako návod k provedení důkladného a systematického testování a je zákazníkovi předána před zahájením této fáze.

Obecné informace

- přístupy do testovacího prostředí
- popis provádění testování
- způsob nahlašování chyb
- popis procesu opravení chyb

Testovací scénáře

- seznam všech testovacích scénářů, které zajistí systematické otestování produktu, testovací scénáře jsou vytvořeny na základě šablony v příloze E

Výsledky UAT testování

- jsou doplněny do dokumentace po provedení UAT testů zákazníkem a po provedení oprav

Příloha J – Návrh aplikace – Doporučení mobilního zařízení

- **operační systém:** Android 11 a vyšší,
- **úhlopříčka displeje:** 8 až 10 palců – dostatečně velká pro čitelnost dat a pohodlné ovládání, přitom stále ergonomická pro práci v terénu,
- **certifikace odolnosti:** Minimálně IP67 – zaručuje ochranu proti prachu a vodě, vhodné pro náročné pracovní podmínky (alternativně s odolným ochranným pouzdrům),
- **kapacita baterie:** Minimálně 5000 mAh – zajistí provoz na 8 až 10 hodin při běžném použití, bez nutnosti častého dobíjení,
- **RAM:** 4 GB – dostatečné pro stabilní provoz aplikací zpracovávajících textová a číselná data,
- **procesor:** Čtyřjádrový procesor (např. ARM Cortex nebo Qualcomm Snapdragon) – poskytuje spolehlivý výkon pro požadované pracovní úlohy,
- **úložiště:** 32 GB interní paměť,
- **mobilní konektivita:** Podpora 4G LTE – zajistí rychlý a stabilní přenos dat v terénu, s možností 5G pro budoucí potřeby,
- **GNSS systémy:** GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou – multisystémová kompatibilita pro přesnou lokalizaci v případě rozšíření funkcionalit,
- **odolné provedení:** nárazuvzdorné tělo s pogumovanými hranami a ochranným krytem nebo robustní pouzdro – zvýšená odolnost proti nárazům a poškození,
- **displej:** antireflexní vrstva – zajišťuje dobrou čitelnost na přímém slunci, což je klíčové pro práci v kolejišti,
- **použití stylusu** pro zadávání dat.

Ze současné nabídky na trhu mobilních zařízení mohou být doporučeny tyto tablety:

- Oukitel RT3 Pro NFC 4GB/128GBblack,
- Samsung Galaxy Tab S9,
- Lenovo Tab M10 5G 6GB.

Příloha K – Návrh aplikace – zadání pro programátora

Obecné informace

Koncové zařízení

- OS: pouze Android.

Použité technologie a nástroje

- programovací jazyk: Kotlin,
- vývojové prostředí: IntelliJ IDEA Ultimate s integrovaným nástrojem GitHub Copilot,
- framework pro UI: Jetpack Compose,
- správa závislostí: Gradle Enterprise,
- správa API: Retrofit,
- vývojářské testovací nástroje: Espresso (testování UI), JUnit: (jednotkové testy), MockK (testování funkčnosti),
- sledování chyb a analytika aplikace – Firebase Crashlytics,
- sdílení kódu – Gitea.

Obecný vzhled aplikace

- barevná paleta – primární barva #00329d, sekundární barva: #00ffff,
- typografie – primární písmo ČD Fedra, sekundární písmo: Tahoma,
- logo – uloženo v návrhu ve Figma v SVG formátu,
- ikony a grafické prvky – vytvořená knihovna ve Figma,
- zásady UI – čistý a přehledný design s důrazem na snadnou navigaci,
- přístupnost – implementace dostatečného kontrastu pro snadné čtení v náročných pracovních podmínkách.

Ošetření různé kvality datového připojení včetně offline režimu

- v případě nespolehlivého nebo chybějícího datového připojení jsou data lokálně uložena, po obnovení připojení jsou odeslána do cílového systému; odeslání i přijetí dat je ze strany aplikace i cílového systému potvrzeno.

Zabezpečení aplikace a přenosu dat

- návrh dle subdodavatele (nebude opakováno).

Popis API

Přehled API rozhraní

- typ: REST,
- URL: api/service/,
- formát dat: JSON,

- autorizace a autentizace: Bearer token, generovaný v MS Entra ID, v hlavičce každého požadavku.

Endpointy:

getPdvData

- URL: GET /api/service/ getPdvData?id={id_vuz}
- Body

<i>název</i>	<i>popis</i>	<i>formát</i>
token	token pro autorizaci – MS Entra ID	string

- Request

<i>název</i>	<i>popis</i>	<i>formát</i>	<i>povinný</i>
id_vuz	ID vozu, jehož data jsou stahována	string	Required

- Response

<i>název</i>	<i>popis</i>	<i>formát</i>
carHolder	držitel vozu	string
maxSpeed	maximální rychlost	integer
numberOfAxles	počet náprav	integer
carLength	délka vozu	float
weight	hmotnost	float

- Typy odpovědí

<i>HTTP Status Code</i>	<i>Popis</i>	<i>Příklad odpovědi</i>
200 OK	Úspěšná odpověď	json { "carHolder": "ČD Cargo", "maxSpeed": 160, "numberOfAxles": 4, "carLength": 2370, "weight": 27500}
400 Bad Request	Neplatný nebo chybějící parametr	json {"error": "Invalid parameter: id_vuz is required."}

401 Unauthorized	Neplatný nebo chybějící token	json {"error": "Unauthorized. Token is invalid or missing."}
404 Not Found	Požadovaný záznam nebyl nalezen	json {"error": "Vehicle with ID '123' not found."}
500 Internal Server Error	Neočekávaná chyba serveru	json {"error": "An unexpected error occurred. Please try again later."}

Popis obrazovky

- UI obrazovky – návrh UI designéra uložen na: *URL adresa – Figma*,
- popis funkčnosti a mapování na API:
 - hlavička,
 - formulář,
 - dolní lišta,
- validace zadávaných dat.

Příloha L – Návrh UI formuláře

← Vůz 11 22 3300 123-4 ↻ ?

Údaje z PDV Přepravní údaje Provozní údaje Údaje prohlídky

Vypršela lhůta garance dat z PDV

Evidenční údaje

Držitel
ČD Cargo

Smluvní vztah
Vůz privátní, neposkytnutý, nediriguje ČDC

Technické údaje

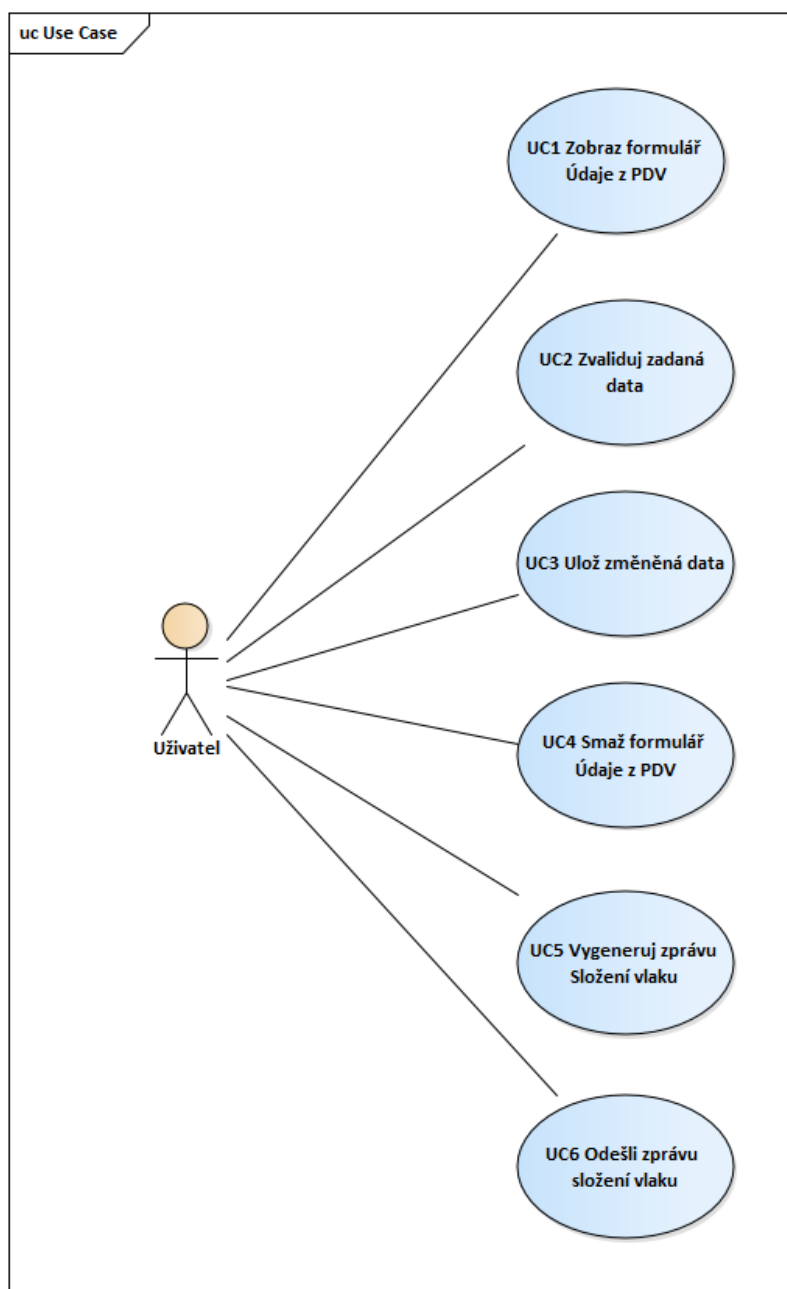
Počet článků 1	✕	Počet náprav 3	✕
Hmotnost vozu 27 500	✕	Délka vozu 2 370	✕
Max. rychlost 160	✕		

Výstroj brzdy
Litinové brzdové špalíky ▼

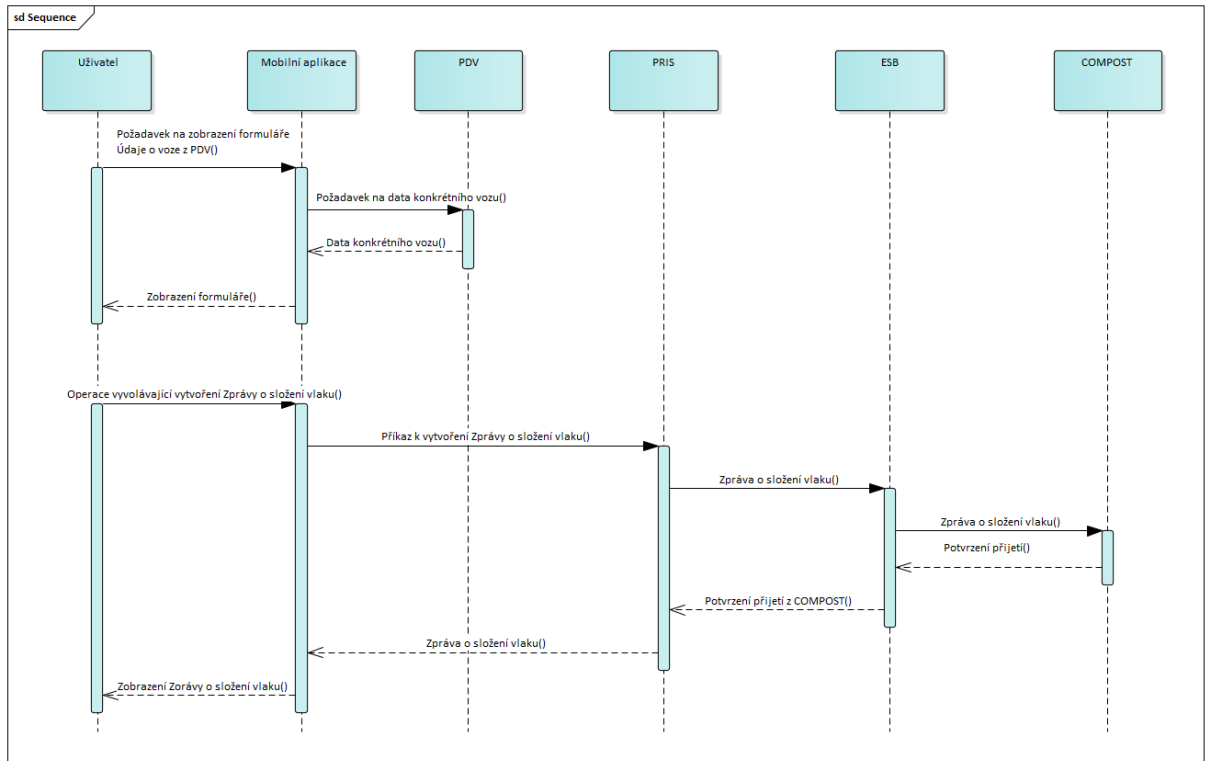
Hlučný vůz

ZRUŠIT ULOŽIT

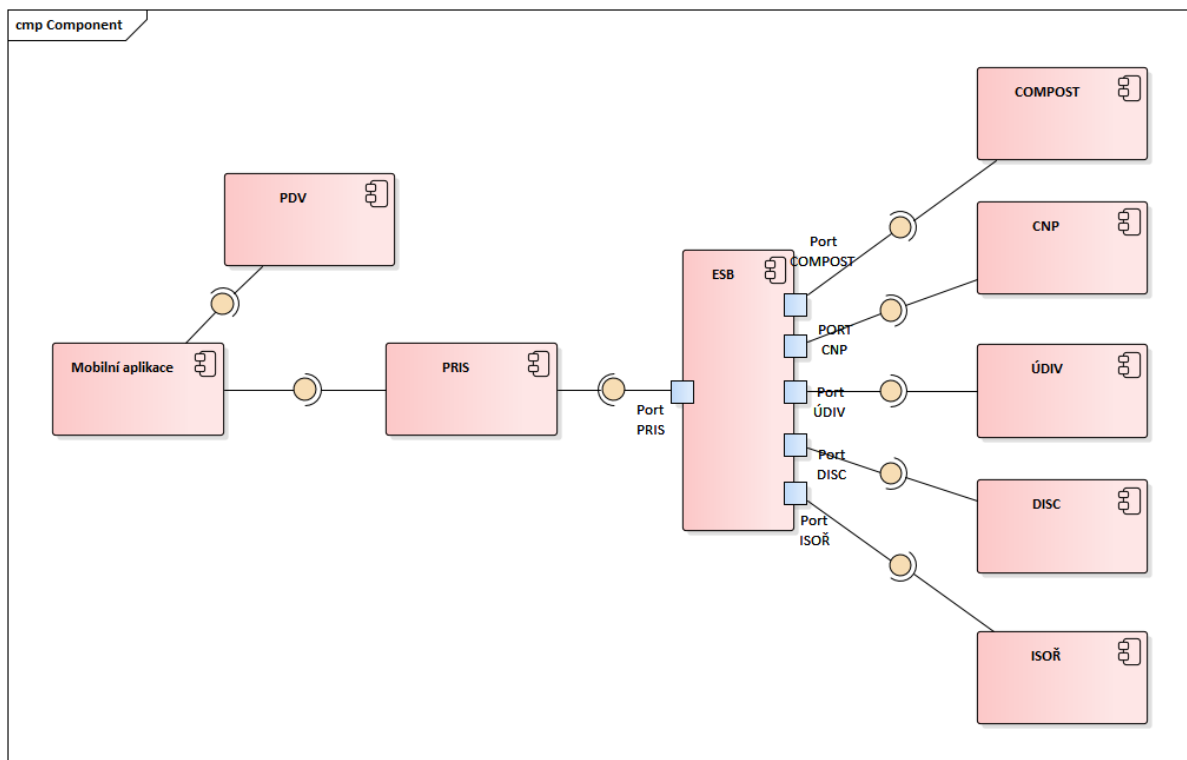
Příloha M – Use Case diagram



Příloha N – Sekvenční diagram



Příloha O – Komponentový diagram



Příloha P – Ověření metodiky



Ing. Pavla Šmídová
Kostěnice 197
530 02

Věc: Posouzení metodiky pro návrh a vývoj mobilních dopravních aplikací

V rámci naší společnosti jsme ověřovali metodiku pro návrh a vývoj mobilních dopravních aplikací, která byla výstupem Vaší disertační práce. Metodika poskytuje komplexní systémový rámec, který zahrnuje všechny klíčové fáze vývoje aplikací od sběru požadavků přes návrh a testování až po nasazení a další rozvoj aplikace. Oceňujeme zejména její důraz na efektivní spolupráci se zákazníkem, schopnost reagovat na specifické potřeby aplikací v řešené oblasti a výrazné zrychlení a zefektivnění celého procesu vývoje. Standardizace výstupů výrazně podporuje týmovou spolupráci a dlouhodobou udržitelnost softwarového vývoje.

Části navržené metodiky již byly postupně nasazeny a ověřeny v reálných projektech ve spolupráci se širším vývojovým týmem. Při ověření metodiky se prokázala její přínosnost, zejména v oblasti rychlejšího sběru požadavků, efektivnější týmové komunikace a vyšší kvality výstupů.

Abyste byla metodika co nejvíce využitelná a přizpůsobená různým podmínkám projektů, doporučujeme zohlednit několik drobných vylepšení. Doporučujeme rozdělit její implementaci do několika fází, aby byl zajištěn hladký přechod a dostatek prostoru pro adaptaci procesů, protože zavedení metodiky v plném rozsahu by mohlo být pro některé týmy náročnější. Dále by bylo užitečné doplnit metodiku o jednodušší šablony pro základní potřeby pro menší projekty, kde by jinak uplatnění metodiky v celé šíři bylo administrativně a procesně náročné.

Celkově hodnotíme metodiku jako promyšlený nástroj, který již nyní přináší prokazatelné přínosy. Kromě cíleného zaměření na mobilní aplikace pro provozní řízení železniční dopravy nabízí také možnost přizpůsobení pro další oblasti softwarového vývoje, například webové aplikace pro železniční dopravce, čímž otevírá potenciál pro širší využití v praxi.

V Praze 30.01.2025

Ing. Tomáš Dvořák
Ředitel odboru Analýza a vývoj
ČD – Informační Systémy, a.s.
Pernerova 2819/2a
130 00 Praha 3 – Žižkov
E-mail: tomas.dvorak@cdis.cz



ČD - Informační Systémy, a.s.
Pernerova 2819/2a, 130 00 Praha 3 – Žižkov
IČ 24829871 | DIČ CZ24829871
www.cdis.cz