

# Využití mobilních aplikací pro čtení 2D kódů v praxi

Vojtěch Šiler

---

Bakalářská práce  
2022



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky  
Ústav automatizace a řídicí techniky

Akademický rok: 2021/2022

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Vojtěch Šiler**  
Osobní číslo: **A19151**  
Studijní program: **B3902 Inženýrská informatika**  
Studijní obor: **Informační a řídicí technologie**  
Forma studia: **Prezenční**  
Téma práce: **Využití mobilních aplikací pro čtení 2D kódů v praxi**  
Téma práce anglicky: **Use of Mobile Applications for Scanning 2D Codes in Practice**

## Zásady pro vypracování

1. Zpracujte literární rešerši na dané téma, popište aktuální typy dvourozměrných kódů.
2. Analyzujte současný stav využití dvourozměrných kódů, zaměřte se jak na běžnou praxi, tak na průmyslovou oblast.
3. Provedte rešerši aktuálně dostupných mobilních aplikací pro čtení dvourozměrných kódů a průmyslových čteček.
4. Navrhněte experimenty pro čtení dvourozměrných kódů, zaměřte se na volbu čtecí vzdálenosti, rozměru kódu, kvality kódu či jeho poškození, popřípadě čtení pohybujícího se kódu.
5. Navržené experimenty realizujte na vybraných mobilních telefonech (s využitím vybraných aplikací) a na vybraných průmyslových čtečkách.
6. Dokumentujte a analyzujte výsledky provedených experimentů. Srovnajte výsledky čtení pomocí mobilních telefonů a průmyslových čteček.
7. Na základě výsledků formulujte doporučení pro čtení dvourozměrných kódů, definujte limity použití jednotlivých aplikací, mobilních telefonů a průmyslových čteček.

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

1. ČÁDA, David. Využití 2D kódů v běžné praxi. Zlín, 2016. Bakalářská práce. UTB ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky.
2. BENADIKOVÁ, Adriana, Štefan MADA a Stanislav WEINLICH. Čárové kódy – automatická identifikace. Praha: Grada, 1994. ISBN 80-85623-66-8.
3. KATO, H., TAN, K. T., & CHAI, D. (2010). Barcodes for Mobile Devices. Cambridge University Press.
4. JELÍNEK, Tomáš. Grafické kódy pro identifikaci výrobků a služeb. Pardubice, 2010. Bakalářská práce. Univerzita pardubice, Fakulta ekonomicko-správní.
5. QR Code.com. Denso-Wave. [Online]. Dostupný z WWW:(<https://www.qrcode.com/en/about/>).
6. Barcode contents. Sean Owen. 2014 [Online]. – Dostupný z WWW:(<https://github.com/zxing/zxing/wiki/Barcode-Contents>).

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Bc. Bronislav Chramcov, Ph.D.**  
Ústav informatiky a umělé inteligence

Datum zadání bakalářské práce: **15. ledna 2022**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **20. května 2022**

**doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D. v.r.**  
děkan



**prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc. v.r.**  
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 15. ledna 2022

### **Prohlašuji, že**

- beru na vědomí, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen připouští-li tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnaní případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

### **Prohlašuji,**

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor;
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně, dne 13. 5. 2022

Vojtěch Šiler, v.r.  
podpis studenta

## **ABSTRAKT**

Práce se zabývá problematikou dvourozměrných kódů a jejich využitím, jak v každodenním životě, tak v oblasti průmyslu.

Teoretická část práce krátce nastiňuje historii dvourozměrných kódů, jejich charakteristiky, principy a různé typy. Dále se zabývá současným využitím těchto kódů v praxi, a to od mainstreamového využití až po průmyslovou oblast. Součástí této části je také řešení mobilních aplikací pro čtení těchto kódů.

Praktická část práce experimentálním způsobem porovnává vybrané mobilní telefony, mobilní aplikace a průmyslové čtečky z pohledu úspěšnosti čtení dvourozměrných kódů. Popisuje chování těchto zařízení a aplikací při provedených experimentech, a udává limity jednotlivých zařízení a aplikací z hlediska schopnosti čtení dvourozměrných kódů. Na základě výsledků experimentů jsou formulována doporučení pro využívání mobilních telefonů či průmyslových čteček při čtení dvourozměrných kódů v praxi.

Klíčová slova: dvourozměrné kódy, QR kód, Aztec kód, Data Matrix, průmyslové 2D čtečky, mobilní aplikace, mobilní telefony

## **ABSTRACT**

This thesis deals with the field of two-dimensional codes and their uses in every day life, as well as in industry environments.

The theoretical part of this thesis outlines the history of two-dimensional codes, their characteristics, principles, and their various types. It also studies the use of these codes in practice, from mainstream use all the way to the industry environment. The end of this part consists of research on mobile applications made to read these codes.

The practical part of this thesis uses experiments to compare several mobile phones, applications and professional 2D readers for 2D code scanning. It describes the use of these devices in given experiments, and it provides the limits of these devices in terms of 2D code scanning. The end of the thesis provides a recommendation for scanning 2D codes in practice, based on the experiment results.

Keywords: two-dimensional codes, QR code, Aztec code, Data Matrix, industry level 2D readers, mobile applications, mobile phones

V první řadě děkuji svému vedoucímu práce, panu doc. Ing. Bronislavu Chramcovovi, Ph.D., za jeho ukázkové a profesionální vedení, pravidelné konzultace, a zpětnou vazbu, které významně pomohly tuto práci dostat do její finální podoby.

Dále bych chtěl poděkovat panu Miroslavu Kropáčovi a společnosti Codeware, s.r.o. za propůjčení průmyslových čteček pro splnění praktické části práce.

Velký dík patří také mé rodině za jejich neustálou podporu při celém mém studiu.

# OBSAH

<b>ABSTRAKT</b> .....	<b>5</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>5</b>
<b>ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>10</b>
<b>1 HISTORIE DVOUROZMĚRNÝCH KÓDŮ</b> .....	<b>11</b>
<b>2 TEORIE DVOUROZMĚRNÝCH KÓDŮ</b> .....	<b>13</b>
2.1 POPIS DVOUROZMĚRNÝCH KÓDŮ.....	13
2.1.1 Specifikace 2D kódů.....	14
2.1.2 Výhody 2D kódů oproti 1D kódům.....	15
2.2 KOREKCE CHYB.....	15
2.3 TYPY DVOUROZMĚRNÝCH KÓDŮ.....	16
2.3.1 QR Code.....	16
2.3.2 Aztec Code.....	17
2.3.3 Data Matrix.....	18
<b>3 SOUČASNÝ STAV VYUŽITÍ 2D KÓDŮ V PRAXI</b> .....	<b>20</b>
3.1 VYUŽITÍ 2D KÓDŮ V KAŽDODENNÍM ŽIVOTĚ.....	20
3.1.1 Qerko.....	20
3.1.2 České dráhy.....	21
3.1.3 Finanční a administrativní sektor.....	22
3.2 VYUŽITÍ 2D KÓDŮ V PRŮMYSLOVÉ OBLASTI.....	23
<b>4 MOBILNÍ APLIKACE A PRŮMYSLOVÉ ČTEČKY PRO ČTENÍ 2D KÓDŮ...</b>	<b>26</b>
4.1 MOBILNÍ APLIKACE.....	26
4.1.1 Čtečka QR a čárových kódů (česky).....	26
4.1.2 NeoReader QR & Barcode Scanner.....	27
4.1.3 Skener QR a čárových kódů.....	28
4.2 PRŮMYSLOVÉ ČTEČKY.....	30
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>33</b>
<b>5 ÚVOD DO PRAKTICKÉ ČÁSTI PRÁCE</b> .....	<b>34</b>
<b>6 VYBRANÉ MOBILNÍ TELEFONY</b> .....	<b>35</b>
6.1 HUAWEI NOVA 3.....	35
6.2 XIAOMI REDMI NOTE 7.....	36
6.3 SAMSUNG GALAXY A40.....	37
6.4 POROVNÁNÍ TELEFONŮ.....	38
<b>7 VYBRANÉ PRŮMYSLOVÉ ČTEČKY</b> .....	<b>40</b>
7.1 SPOLEČNOST CODEWARE, S.R.O.....	40
7.2 PRŮMYSLOVÁ ČTEČKA BIRCH BS-111.....	40

7.3	PRŮMYSLOVÁ ČTEČKA HONEYWELL GRANIT XP 1990iSR.....	41
7.4	PRŮMYSLOVÁ ČTEČKA CIPHERLAB 2564.....	42
<b>8</b>	<b>POPIS EXPERIMENTŮ.....</b>	<b>44</b>
<b>9</b>	<b>VÝSLEDKY EXPERIMENTŮ.....</b>	<b>51</b>
9.1	PROVEDENÉ EXPERIMENTY PRO MOBILNÍ TELEFONY.....	51
9.1.1	Výsledky experimentů pro Huawei Nova 3.....	51
9.1.2	Výsledky experimentů pro Xiaomi Redmi Note 7.....	54
9.1.3	Výsledky experimentů pro Samsung Galaxy A40.....	56
9.2	PROVEDENÉ EXPERIMENTY PRO PRŮMYSLOVÉ ČTEČKY.....	57
9.2.1	Výsledky experimentů pro Birch BS-111.....	57
9.2.2	Výsledky experimentů pro Honeywell Granit XP 1990iSR.....	59
9.2.3	Výsledky experimentů pro CipherLab 2564.....	61
<b>10</b>	<b>CELKOVÉ ZHODNOCENÍ A DOPORUČENÍ.....</b>	<b>63</b>
10.1	ZHODNOCENÍ MOBILNÍCH APLIKACÍ.....	63
10.2	ZHODNOCENÍ PRŮMYSLOVÝCH ČTEČEK.....	64
10.3	POROVNÁNÍ MOBILNÍCH APLIKACÍ A ČTEČEK.....	66
10.4	OBEČNÉ DOPORUČENÍ PRO ČTENÍ 2D KÓDŮ.....	67
	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>68</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>69</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>74</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ.....</b>	<b>75</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>77</b>



## ÚVOD

Dvourozměrné kódy jsou dnes už standardem automatické identifikace v mnoha odvětvích. V průmyslu jsou plně využívány už od jejich samotného vzniku, a díky jejich efektivitě, funkčnosti, a jednoduchému čtení se dostaly i do světa financí v podobě QR kódů pro automatické vyplnění platby, státního sektoru pro rychlé ověření dokladu, dopravy v podobě elektronických jízdenek, mainstreamového využití k šíření webových stránek, formulářů, a mnoho dalších. S globálně dostupnými chytrými telefony dnes doma může mít 2D čtečku v podobě mobilní aplikace prakticky každý, ovšem jak jsou tyto aplikace rozdílné od profesionálních čteček? Tato práce se bude zabývat touto problematikou.

První část práce je věnována rešerším na témata s tímto spojenými. Obsahuje krátkou historii dvourozměrných kódů, a popisuje jejich kořeny a vznik. Vysvětluje jejich samotné principy, charakteristiky a výhody. Představuje různé typy těchto kódů, zejména QR kód, Aztec kód a Data Matrix, které jsou využity v praktické části práce, jejich unikátní prvky, funkce či významné rozdíly mezi nimi. Součástí teoretické části je také rešerše na využití 2D kódů v praxi, a to jak pro průmyslovou oblast, tak pro oblasti mimo výrobu a distribuci. Závěrem této části je rešerše na mobilní aplikace, které jsou pro čtení dvourozměrných kódů dostupné na platformě Android, a profesionální průmyslové čtečky.

Druhá část práce je část praktická, ve které jsou ve schopnostech čtení 2D kódů s různými vlastnostmi testovány jak mobilní telefony s mobilními aplikacemi, tak průmyslové čtečky, a to pomocí experimentů. Popisuje použitá zařízení, a věnuje se popisu experimentů, které pro tyto účely byly navrženy. Výstupem těchto experimentů jsou pro každé zařízení získané data v tabulkách, které jsou následně popsány a porovnány. Práce je uzavřena doporučením pro čtení dvourozměrných kódů různými zařízeními, a definicí limitů jednotlivých zařízení.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 HISTORIE DVOUROZMĚRNÝCH KÓDŮ

Dvourozměrné kódy nejsou už dnes ve světě žádnou novinkou. Abychom tedy plně pochopili jejich původní účel a podstatu, musíme se zaměřit na jejich evoluci od úplného začátku.

Předchůdcem dvourozměrných kódů jsou jednorozměrné kódy. Předchůdce ovšem v tomto případě neznamená, že je tato technologie zastaralá, nebo už nepoužívaná. Jednorozměrné kódy, známé také jako čárové kódy, najdeme dnes prakticky na každém produktu zakoupeném v moderním supermarketu, což je také úplně původní účel a důvod pro vznik těchto kódů.

Jednorozměrný kód byl vytvořen v roce 1948 dvojicí přátel Bernardem Silverem a Normanem Josephem Woodlandem. Studující na Drexelově institutu technologie ve Filadelfii, Silver přeslechl vedoucího supermarketového řetězce Food Chain, který potřeboval po děkanovi institutu systém pro jednodušší, rychlejší a automatizovaný systém kontroly zboží u pokladen. Rozhodl se o tomto problému říct Woodlandovi, a společně začali pracovat na řešení. S Woodlandovým nápadem, že nový systém by mohl být inspirován Morseovou abecedou, byla zrozena první forma čárového kódu. [1]

Čárové kódy prošly dlouholetou evolucí s několika důležitými milníky, jako například David Jarret Collins, který používal podobný systém, zvaný *KarTrak*, pro identifikaci železničních vozů. Tento systém nejprve využíval modré a červené proužky jako reprezentaci identifikačních kódů společnosti a samotného vozu. Collins tento nápad později vylepšil, a kód přepracoval na černobílý, který je dnešnímu světu už více známý. [2]

Hlavními kroky vývoje čárových kódů byla sezení Národní asociace potravinových řetězců (NAFC) během šedesátých a sedmdesátých let minulého století, kterých se účastnily společnosti jako RCA, IBM, Singer, Litton Industries, a další. Postupem času se původní Woodlandův nápad čárových kódů vylepšil prakticky do dnešní podoby zvané Universal Product Code (UPC). [39]

První supermarket, který čárový kód začal využívat, byl řetězec Sims Supermarkets v roce 1979. [3]



Obrázek 1. Moderní čárový kód

Dvourozměrné kódy, také nazývané maticové kódy, byly další evolucí čárových kódů, s cílem zvýšit jejich efektivitu, zejména vměstnat více dat na menší prostor.

První dvourozměrný kód byl vytvořen v roce 1987 Davidem Allaisem. Kód se nazýval Code 49, a tato prvotní verze 2D kódu odstartovala rozmach této technologie, který vedl k tvorbě mnoha dalších, modernizovaných 2D kódů. [4]



Code 49 by David Allais

Obrázek 2: Code 49 vytvořen Davidem Allaisem [4]

Rok 1994 byl pro dvourozměrné kódy skutečně obrovský, a to proto, že se objevily mimo jiné dva kódy, které aktuálně dominují celý svět. Ve Spojených státech byl společností International Data Matrix, Inc. vytvořen dvourozměrný kód Data Matrix, který je dnes celosvětově a masově využívám, především v průmyslové oblasti. V Japonsku také ve společnosti Denso Wave vznikl dnes už celosvětově známý a uznávaný QR kód, který je široce využíván v průmyslové oblasti, administrativní oblasti, a také pro mainstreamové využití. [4]

Aztec kód, který se využívá především v dopravě, vznikl v Americe o rok později, tedy v roce 1995, díky dvojici Andrew Longacre, Jr. a Robert Hussley. [8], [9]

V dalších letech následovala spousta nových dvourozměrných kódů jako BeeTagg, Trillcode, MaxiCode, ShotCode, MiniCode, Microsoft Tag a mnoho dalších.

## 2 TEORIE DVOUROZMĚRNÝCH KÓDŮ

### 2.1 Popis dvourozměrných kódů

Dvourozměrný kód je maticový kód, který data kóduje do geometrického tvaru, většinou čtverce. Jednotlivé malé plochy v kódu jsou nazývány moduly, a obsahují samotnou informaci v bitech. Prázdné a plné moduly musí být barevně rozeznatelné s dobrým kontrastem, proto se pro většinu dvourozměrných kódů využívá černá a bílá. Dvourozměrné kódy mohou obsahovat jak textová, tak numerická data, a na rozdíl od čárových kódů není obsah 2D kódů nijak omezen. [5]

Od samotného vzniku 2D kódů bylo vytvořeno mnoho typů, a jejich využití se rozšířilo do všech odvětví dnešního průmyslu, ale i každodenního života. Každý nový 2D kód je něčím unikátní, a má své výhody i nevýhody. Kódy se liší tvarem, formou, umístěním finder patternu, tichou zónou, možností korekce dat, množstvím informace, která se do kódu vleze, metodou čtení, apod.

Krátce si představme několik kódů a jejich unikátnosti. Nejznámějším 2D kódem je dnes bezprostředně QR kód, který se pyšní svou možností pojmout nadprůměrné množství znaků, včetně znaků japonské abecedy, nebo výběru úrovně korekce dat. Aztec kód je známý tím, že čtečka zpracovává jeho informaci od středu kódu, tím pádem nevyžaduje žádnou tichou zónu. Data Matrix, jeden z nejpoužívanějších kódů v průmyslu, byl navržen speciálně pro obsah co největší informace do co nejmenšího fyzického prostoru. Tento kód se díky tomu využívá například pro značení integrovaných obvodů. Kód PDF417 je dalším z nejpoužívanějších kódů. Jeho výhody spočívají v řetězení, což umožňuje jeden kód odkazovat na jiný kód, a tyto kódy mohou být poté čteny za sebou pro větší obsah dat, nebo možnost uživatele volit dimenze kódu, což znamená, že si uživatel může přesně zvolit jak bude kód velký v  $x$  a  $y$  osách. BeeTagg je unikátní nejen svým vzhledem, který pro jednotlivé moduly využívá tvaru hexagonu, ale také tím, že tento kód přímo neobsahuje informaci. Informace je uložena na serveru, a BeeTagg na ni uživatele přečtením kódu odkáže. Microsoft Tag je kód od společnosti Microsoft, a implementuje HCCB, což je technologie 2D kódování taktéž vyvinuta společností Microsoft. Tento kód funguje podobně jako BeeTagg, tedy pouze odkazuje na data uložená na serveru spojeném s internetem. Je unikátní svými body, které jsou ve formě barevných trojúhelníků. Kód ovšem může být i černobílý. [4], [9], [11], [12], [15]

K prvním třem kódům zmíněným v předchozím odstavci se v práci budeme věnovat blíže, jelikož tyto kódy budou využity pro praktickou část práce.

### 2.1.1 Specifikace 2D kódů

#### *Tichá zóna*

Tzv. tichá zóna je plocha, která obklopuje samotný 2D kód. Slouží k oddělení kódu od ostatních věcí, a pomáhá čtečce rozpoznat, kde přesně 2D kód začíná, a kde končí. Tato zóna neobsahuje žádné data, a musí být v tloušťce alespoň jednoho modulu.

#### *Finder pattern*

Každý dvourozměrný kód obsahuje tzv. finder pattern, který slouží k rozpoznání zrcadlení a správného natočení kódu, a tímto umožňuje čtečce rozpoznat správnou orientaci kódu, ať je přečten z jakéhokoliv úhlu. Tento prvek není mezi kódy jednotný, a u každého typu kódu může mít jinou formu a polohu.

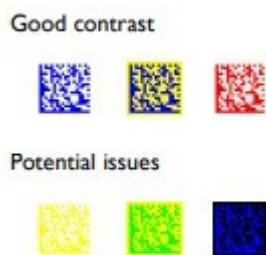
#### *Velikost kódu*

2D kódy jsou škálovatelné, tedy dají se libovolně zvětšovat a zmenšovat. Velikost jednoho modulu by měla být alespoň 0.25 mm pro dobrou čitelnost, ovšem toto se může lišit mezi různými kódy. Celkově ale platí, že čím větší je velikost jednoho bodu, tím lépe je kód čitelný.

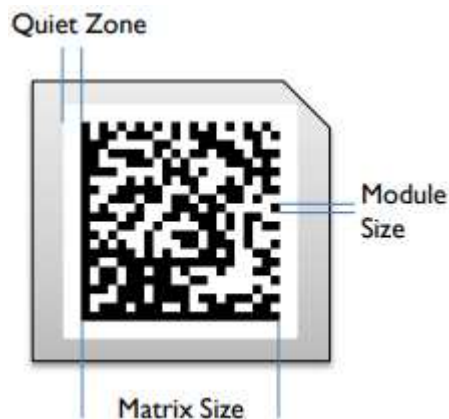
Protože každá černá nebo bílá plocha představuje jeden bit informace, čím více bodů kód obsahuje, tím více dat je schopen pojmout.

#### *Barvy kódu*

Barvy představující informaci jsou u 2D kódu libovolné, ovšem pro dobrou čitelnost je vždy potřeba dobrého kontrastu. Z tohoto důvodu jsou černobílé kódy vždy tím nejlepším řešením, a dnes také nejpoužívanějším. [5]



Obrázek 3: Kontrast barev v 2D kódu [5]



Obrázek 4: Tichá zóna a modul Data Matrix kódu [5]

### 2.1.2 Výhody 2D kódů oproti 1D kódům

Dvourozměrné kódy mají oproti čárovým kódům mnoho výhod.

Hlavními výhodami jsou vyšší datová hustota oproti jednorozměrným kódům, a možnost kódovat velké množství znaků, což umožňuje kódování například webových stránek. QR kódy mohou obsahovat až 7089 znaků bez mezer, a s touto velkou kapacitou jsou rozměrově menší, než čárové kódy. Tyto výhody hrajou velkou roli při větším obsahu informace, nebo omezení plochy, na které se kód nachází.

2D kódy se také dají na rozdíl od 1D kódů přečíst z jakéhokoliv úhlu. Mohou obsahovat nadbytečné bity pro korekci chyb, a poškození až desítek procent kódu, takže při rozmazání, potrhání, nebo vyblednutí zůstává kód stále funkční. 2D kódy také mohou obsahovat hesla. Takovéto kódy nelze přečíst, pokud uživatel při čtení heslo nezadá. [4]

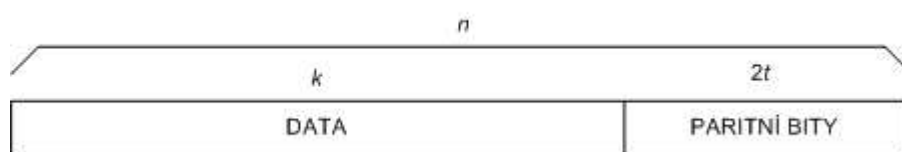
## 2.2 Korekce chyb

Nejvýznamnější výhodou dvourozměrných kódů nad jednorozměrnými je jejich schopnost korekce chyb. U kódů je velice běžné, že se v aplikaci kódu na různý povrch stanou chyby, nebo se objeví imperfekce. Symbol může být vybledlý, část z něj může chybět, nebo může být jinak poškozený. Pro vývoj dvourozměrných kódů bylo tedy velmi důležité, aby tyto kódy uměly chyby detekovat, a také je ihned opravit. V praxi to znamená, že i když je někdy relativně velká část kódu nečitelná, kód si dokáže díky korekci informaci doplnit, a stále poskytnout data vcelku.

Metoda korekce chyb, kterou dnes využívá většina dvourozměrných kódů, se nazývá Reed-Solomonova metoda. Byla vyvinuta dvojicí Irving S. Reed a Gustave Solomon v roce 1960. Tato metoda obsahuje několik BCH kódů, a je určena pro detekci a opravu chyb

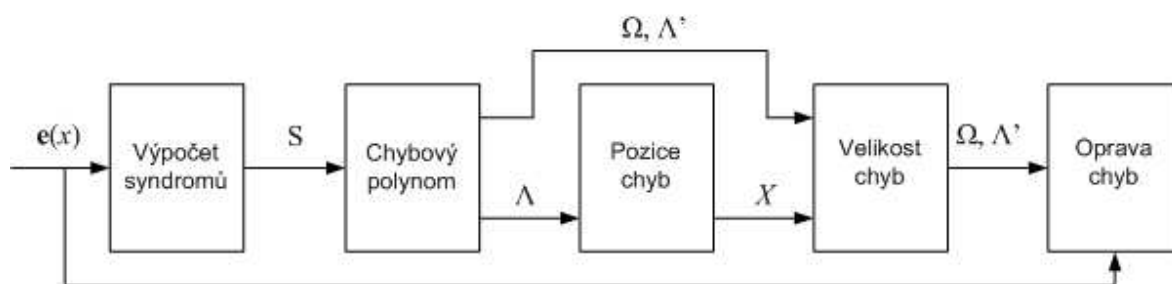
v digitálních zprávách. Využití těchto kódů je široké, a zdaleka nespadá pouze pod dvou-rozměrné kódy.

Přesný postup využití těchto kódů je komplexní, a zakládá se na složitých matematických výpočtech. Samotný princip ovšem spočívá v tom, že se v přenášeném bloku nachází data, ke kterým se poté přidají paritní bity, díky kterým se může obnovit informace. Obecně platí, že pokud velikost zprávy je  $n$ , a velikost přenášených dat je  $k$ , poté počet přenášených paritních bitů  $2t$ , tedy bity, které můžeme detekovat jako chyby, je  $n-k$ , a maximální počet chybných symbolů, které lze opravit, je  $t$ . [16]



Obrázek 5: Přenášený blok zprávy [16]

Samotný postup dekódování je zobrazen na obrázku č.6.



Obrázek 6: Postup dekódování [16]

## 2.3 Typy dvourozměrných kódů

Dvourozměrných kódů dnes ve světě existuje mnoho, a každý z nich má své výhody i nevýhody. Tato práce se bude zabývat třemi kódy, a to QR Code, Aztec Code, a Data Matrix, protože tyto kódy patří mezi nejvyužívanější 2D kódy na světě, a také jsou součástí praktické části této práce.

### 2.3.1 QR Code

QR (Quick Response) Code je dnes bezkonkurenčně tím nejznámějším a nejpoužívanějším 2D kódem na světě.

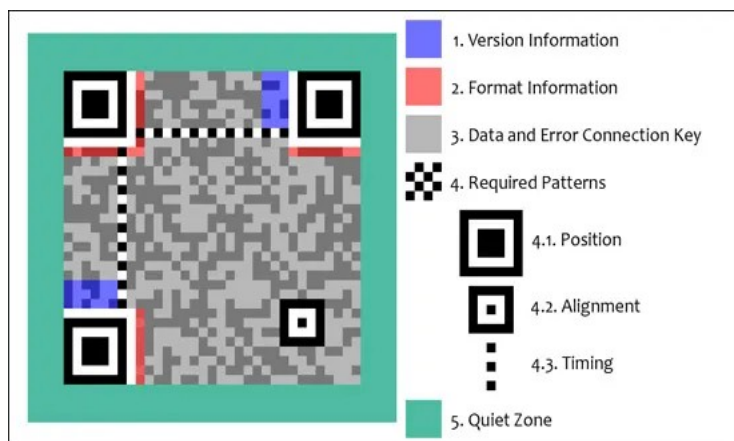


Tento kód byl vytvořen v roce 1994 ve společnosti Denso Wave zaměstnancem Masahiro Hara. Hara QR kód vytvořil pro automobilku Toyota, která chtěla méně efektivní čárové kódy nahradit kódy rychlejšími, a méně chybovými. I přesto, že Denso Wave vlastní patent pro QR Code, tak ho nevyužívá, a tím podporuje bezplatné používání a rozšiřování tohoto kódu.

QR Code může obsahovat až 7089 číslic, nebo 2953 alfanumerických znaků s mezerami a interpunkcí. Díky svému původu má oproti jiným 2D kódům QR kód výhodu, že může obsahovat i japonské znaky. [4]

Kromě dat také obsahuje finder pattern pro určení pozice a zarovnání kódu v podobě tří čtverců v rozích symbolu, tichou zónu o velikosti 4 modulů, informace o verzi kódu a formátu dat, a korekci chyb.

Verze a korekce chyb mají různé úrovně. Verze udává kolik se do kódu vejde znaků, a existují verze od 1 do 40, kde 40 znamená nejvíc rozsáhlý kód. Korekce chyb má čtyři úrovně, od L (může být obnoveno až 7% informace) do H (až 30%). To ovšem znamená, že kód musí obsahovat nadbytek informace. Tedy čím lepší korekce chyb, tím méně informací se do kódu vleze. QR kód s největším množstvím dat je tedy verze 40-L. [6], [7]



Obrázek 7: Struktura QR kódu [40]



Obrázek 8: Příklad QR kódu

### 2.3.2 Aztec Code

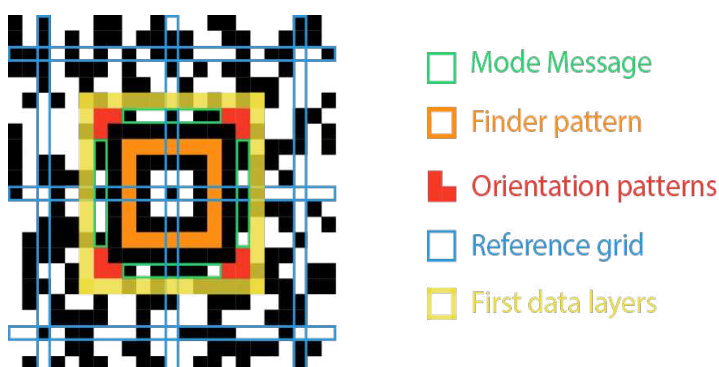
Aztec Code byl vytvořen a patentován v roce 1995 dvojicí Andrew Longacre, Jr. a Robert Hussley. [8], [9]

Tento kód se využívá převážně v dopravě pro identifikaci jízdenek, a dá se jednoduše rozpoznat svým čtvercovým jádrem, které připomíná vrchol aztécké pyramidy, což je důvod pro jeho pojmenování. Aztec kód se také vyznačuje tím, že na rozdíl od ostatních kódů nepotřebuje žádnou tichou zónu, což mu umožňuje na stejné ploše obsáhnout více dat.

Aztec kód může zakódovat až 3832 čísel, nebo 3067 písmen, což je značně méně, než QR kód, proto se Aztec používá spíše pro malé množství dat. Stejně jako u QR kódu, jeho velikost a úroveň korekce chyb je volitelná. [9]

Jádro ve středu kódu slouží pro rozpoznání pootočení a zrcadlení. Vrstva, která přímo obaluje jádro určuje verzi kompaktnosti, a samotné data a korekce chyb se tedy nachází na krajích kódu, a může obsahovat až 32 vrstev. [10]

Data kódu se čtou ve spirále zevnitř ke krajům, a opět platí, že čím obsáhlejší je korekce chyb, tím méně dat může kód obsáhnout. Korekce dat se nachází na konci datové části kódu. [9]



Obrázek 9: Struktura Aztec kódu [38]



Obrázek 10: Příklad Aztec kódu z jízdenky IDOS.cz

### 2.3.3 Data Matrix

Dvourozměrný kód Data Matrix byl vyvinut společností International Data Matrix, Inc., která se později změnila na RVSI/Acuity CiMatrix.

Využití tento kód nalézá hlavně při označování malých předmětů, jako například integrované obvody nebo procesory, jelikož byl navržen za účelem obsažení co největšího množství dat v co nejmenším prostoru. Tento kód by také měl mnohem lépe zvládat menší kontrast mezi barvami, než ostatní dvourozměrné kódy.

Data Matrix existuje ve dvou verzích, a to verze ECC 200, a starší verze ECC 000-140, která obsahuje několik podverzí. Starší verze ECC 000-140 zahrnuje několik verzí, jako například ECC 050, ECC 100, ECC 140 apod. Čím větší číslo ve verzi, tím obsáhlejší korekci dat kód poskytuje. Tyto staré kódy mohou existovat pouze ve velikostech od 9x9 do 49x49, a není doporučováno je používat, pokud se nejedná o čistě interní záležitost.

Verze EC 200 se může objevit až ve třiceti různých velikostech, od 10x10 modulů až do 144x144 modulů, a maximální korekce dat pomocí Reed-Solomon metody je 30%. Tato verze je dnešním standardem využití kódu Data Matrix.

Může obsahovat až 3116 čísel, nebo 2335 alfanumerických znaků. Hlavní vlastností ale je, že uživatel dokáže vměstnat až padesát znaků do symbolu, který má velikost pouhých 2-3 mm<sup>2</sup>. Na rozdíl od např. QR kódu ovšem u Data Matrix uživatel nemůže zvolit úroveň korekce chyb. Množství korekčních bitů je pevně dáno velikostí kódu a množstvím volného místa po zaplnění daty. [11], [12]

Jako finder pattern pro identifikaci kódu a jeho pootočení se využívá vyplněný levý a spodní okraj kódu ve tvaru velkého L, a v horním a pravém okraji se střídají černé a bílé moduly.



Obrázek 11: Příklad kódu Data Matrix



Obrázek 12: Data Matrix na procesoru AMD FX-8350 [37]

### 3 SOUČASNÝ STAV VYUŽITÍ 2D KÓDŮ V PRAXI

Přesto že byl první čárový kód vyvinut pro označování předmětů v supermarketu, 1D i 2D kódy se dnes používají prakticky ve všech odvětvích. Jejich bezkonkurenční efektivita a jednoduchost, především v tom obsáhnout velké množství informací na malý prostor, se velmi cení.

Dvourozměrné kódy na rozdíl od jednorozměrných dokážou kódovat nejen čísla, ale také jiné znaky. Tato výhoda je významným důvodem využití 2D kódů nejen v průmyslovém prostředí, ale také pro přístup k informacím v každodenním životě. Do 2D kódů může být zakódováno nejen např. identifikační číslo výrobku, ale také libovolné informace, od místa původu, stavu produktu, až po jméno zákazníka. V každodenním životě může 2D kód sloužit například jako vizitka, která obsahuje důležité informace o člověku, jízdenka do vlaku, kterou může uživatel koupit na internetu, a rychlým ukázněním telefonu může být odbaven, nebo může také obsahovat hypertextový odkaz, přes který se uživatel jednoduchým natočením mobilního telefonu dostane na potřebnou webovou stránku, rychle a bez zbytečného opisování.

#### 3.1 Využití 2D kódů v každodenním životě

##### 3.1.1 Qerko

Systém Qerko, vytvořen českým podnikatelem Lukášem Kovačem, využívá QR kód pro inovativní způsob placení v restauracích. Tento systém dnes v České republice využívají stovky podniků a desítky tisíc zákazníků. [13]

V tomto systému je na každém stole v restauraci připevněn QR kód, který zákazník může naskenovat pomocí aplikace ve svém mobilním telefonu. Po naskenování se zákazníkovi zobrazí celý konzumační lístek, a pomocí vložené platební karty na jeho Qerko profilu může zaplatit vybrané položky. Qerko tímto umožňuje nejen prakticky okamžitou platbu a odchod zákazníka, ale také zákazníkům přehled o tom, co měl či neměl, a velmi ulehčuje rozdělení útraty ve skupinách.

Kromě šetření času zákazníka i zaměstnance má tato aplikace další výhody. Účtenka, kterou by obvykle dostal vytisknutou na papíře, je mu poslána na e-mail, takže ji uživatel má po ruce kdykoliv by potřeboval, a také eliminuje zbytečné plýtvání papírem. Využití Qerka také ale vede k vyšším útratám v restauracích. Aplikace se vždy před samotnou platbou táže zákazníka, zda si přeje ke své útratě přidat i dýško, a jako výchozí

nastavení dává výši dýška na deset procent, které zákazníci většinou nemění. Dle Qerka platby přes aplikaci zvýší dýška oproti klasické platbě až o čtyřicet procent. Aplikace také umožňuje přidat recenzi a hodnocení podniku hned po zaplacení. [13]



Obrázek 13: *Qerko QR kód na restauračním stole [13]*

### 3.1.2 České dráhy

Dvourozměrné kódy začal používat i národní dopravce České dráhy, a.s. pro zjednodušení odbavení zákazníků, a to v roce 2011. [14]

České dráhy využívají již dříve popsaného Aztec kódu, který je generován pro každou elektronickou digitálně podepsanou jízdenku. Tento systém výrazně zjednodušuje nákup jízdenek a jejich kontrolu. V dřívější době zákazník musel koupit papírovou jízdenku na stanici, a hlídat si ji, dokud ji ke kontrole nepředal průvodčí. Pomocí této inovace zákazník může zakoupit jízdenku v pohodlí svého domova, a průvodčí ji zkontroluje jednoduchým naskenováním Aztec kódu v zákaznickově telefonu.

Tento systém také umožnil jednoduchou kontrolu jízdenek v mezinárodní dopravě. České dráhy spolupracují např. s Německými (DB), Rakouskými (ÖBB) a Slovenskými drahami (ZSSK), které mohou jízdenky zakoupené v českém e-shopu bezproblémově zkontrolovat.

České dráhy pro čtení kódů využívají specializovaných čteček s termotiskárnou a GSM modulem. Toto vybavení umožňuje zaměstnanci drah jak kontrolu digitálních jízdenek, tak i rychlý tisk klasických jízdenek.

Na implementaci využití 2D kódů pro odbavení cestujících na železnici se podíleli společnosti ČD Informační Systémy, ODP Software a Oltis Group, a.s. [14]



*Obrázek 14: Jízdenka  
Českých drah v aplikaci  
IDOS.cz s Aztec kódem*

### 3.1.3 Finanční a administrativní sektor

Dvourozměrné kódy společnosti využívají nejen interně při výrobě, ale také pro usnadnění práce distributorům, nebo přímo zákazníkům.

Společnosti mohou využívat 2D kódy pro reklamu a marketing. Přidáním symbolu do reklamního letáku nebo na billboard poskytují uživateli jednoduchý přístup k informacím, ať už se jedná o webové stránky společnosti, dotazník, soutěž, nebo různé formuláře.

Kódy se ve společnostech také využívají k řešení finančních záležitostí. Tisknutím symbolu na fakturu umožňují uživateli místo pracného přepisování platebních informací pouhé naskenování kódu, a uživatel ví, že platba proběhne rychle a bez potenciálních chyb, které by při přepisování mohly nastat. Kódy v tomto případě také mohou sloužit pro trasování a verifikaci dokumentů, což je spolehlivější a rychlejší alternativou ruční kontroly člověkem.

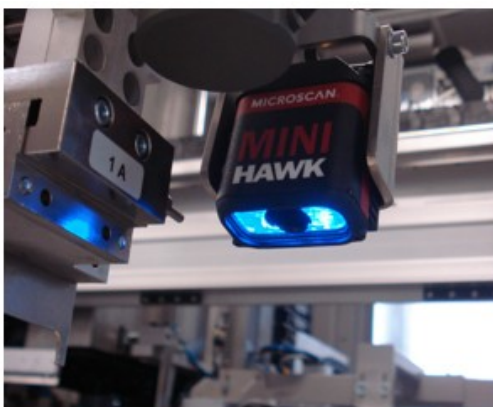
Zdravotnické zařízení a laboratoře také mohou používat kódy pro šifrování dat. Tímto mohou zajistit maximální diskrétnost, a případně eliminovat pokusy o podvod a falešné zprávy. Kódy také v tomto odvětví slouží pro verifikaci certifikátů, které se jednoduchým naskenováním dají rychle, efektivně a bezpečně zkontrolovat.

Možnost pro rozvoj a implementaci kódů je i ve státní oblasti. Stále více zemí na světě modernizují nasazením kódů do osobních dokumentů, hlavně tedy do občanských průkazů.



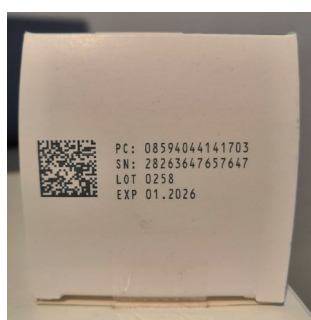


sám, nebo také automatizovaný, kdy je čtečka kódů pevně zasazena a namířena například na dopravní pás, na kterém jedou předměty s kódy. Při skenování se informace nejen zobrazí pracovníkovi, ať už na čtečce, nebo na počítači, ale mohou se také uložit, či s nimi může počítač dále pracovat dle potřeby.



*Obrázek 17: Čtečka připevněna na stroji [32]*

Toto značení ovšem nemusí sloužit pouze interně. Jako příklad se dá uvést využití 2D kódu Data Matrix ve zdravotnickém průmyslu. Výrobce léků značí jednotlivé krabičky kódy, a tyto kódy pak využívají nejen pracovníci výroby, ale i distributoři v podobě lékáren. Lékárny tyto kódy využívají nejen pro kontrolu samotného výrobku, ale také pro kontrolu vlastního skladu. Jednoduchým naskenováním lékárník získá veškeré informace o výrobku jako je např. jméno léku, šarže, datum expirace, cena, a mnoho dalších. Tímto se nejen dá rychle kontrolovat zboží, ale lék se také automaticky zapíše do skladu lékárny a zůstane tam, dokud se znovu nenaskenuje při prodeji či likvidaci. Celý tento systém funguje velice efektivně, a obsahuje velký počet výrobců a distributorů, kteří se vždy jednoduše digitálně dorozumí.



*Obrázek 18: Data Matrix na krabičce od léků*



Kódy se ve výrobním průmyslu nevyužívají pouze pro výrobky, ale také pro stroje. Každý stroj může být opatřen svým 2D kódem, který např. obsahuje informace o údržbě daného stroje. Po naskenování se pracovníkovi zobrazí kompletní informace o daném stroji, jako je datum poslední údržby, historie poruch, apod. Tento systém je rychlý, efektivní, a vyřazuje problémy se zapisováním těchto informací do papírové formy, což je pomalé, nehezské, a může se jednoduše stát, že se stoh papírů poškodí nebo ztratí. Zaměstnanci také mohou používat vlastní kódy, které naskenují, a tím si „píchnou“. Poté se zpětně může dohledat, který pracovník byl na jakém stroji či pracovišti, jak dlouho, apod. [42]

Dalším velmi užitečným využitím kódů přímo na strojích jsou systémy jako REWO od slovinské firmy VIAR Inc. Část systému spočívá v tom, že jsou na důležitá místa na pracovišti rozmístěny 2D kódy, které může kterýkoliv pracovník naskenovat. Tyto kódy poté přímo odkazují na pracovní instrukce v dané části pracoviště, nebo na daném stroji. Pracovníci se tak v nejistotě vždy mohou ujistit instrukčním videem, nebo textem, který, protože se jedná o odkazy na webové stránky, může být kdykoliv jednoduše a rychle vylepšen nebo upraven dle nutnosti. [41]

## 4 MOBILNÍ APLIKACE A PRŮMYSLOVÉ ČTEČKY PRO ČTENÍ 2D KÓDŮ

### 4.1 Mobilní aplikace

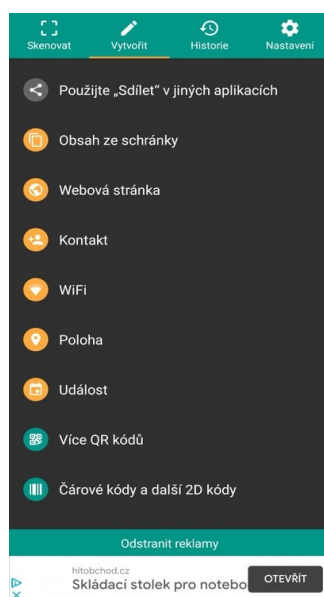
Mobilních aplikací pro čtení dvourozměrných kódů je v dnešní době mnoho. Vzhledem k tomu, že aplikace musí pouze rozpoznat kód, vyfotit ho, a poté ho dle správného algoritmu dekodovat, není vytvoření takové aplikace až příliš programátorsky obtížné. Tyto aplikace se od sebe ovšem mnohdy velmi liší, ať už jde o kvalitu algoritmů, množství kódů, které může dekodovat, nebo různých vychytávek, které aplikaci dělají příjemnější na použití. Bylo tedy vybráno několik aplikací, a budou zhodnoceny jejich silné a slabé stránky.

#### 4.1.1 Čtečka QR a čárových kódů (česky)

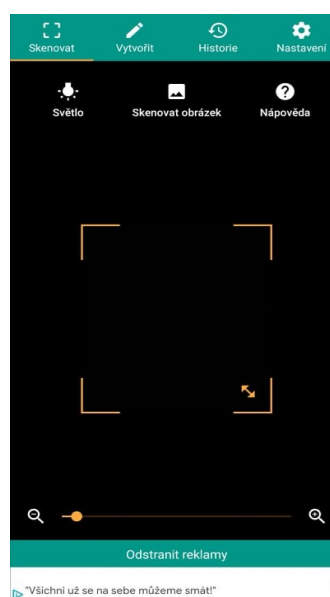
##### *Popis aplikace*

Tato aplikace je vyvíjena německou firmou pro vývoj softwaru TeaCapps, která byla založena v roce 2011. Existují dvě verze, a to verze zdarma, a verze Pro, která na Google Play stojí 39.99 Kč. Verze zdarma patří k jedněm z oblíbených aplikací tohoto typu, jelikož má skoro 1.3 milionu uživatelů, a hodnocení 4.5/5. Rozdíl mezi těmito verzemi je například zobrazování reklam, nebo kontinuální čtení. Jak už z názvu jde poznat, aplikaci umí číst jak 1D, tak i 2D kódy.

Aplikace má velmi hezké a jednoduché UI, ve kterém nabízí hned několik užitečných věcí. V horní liště si uživatel může vybrat mezi skenováním kódu, tvorbou kódu, která také už obsahuje předem nachystané šablony, historií naskenovaných kódů, a nastavení. U samotného skenování je pak tlačítko na zapnutí svítilny, skenování JPG/PNG souboru místo skenu z kamery, a nápověda, ve které se můžeme dočíst jak správně skenovat, jaké kódy jsou podporované, nejčastější dotazy, nebo přímo kontakt na zákaznickou podporu. Na spodní straně je také posuvník pro přiblížení/oddálení kamery. Uprostřed je poté ta nejdůležitější věc, a to samotná kamera se čtvercem, do kterého patří samotný kód.



Obrázek 19: UI pro vytvoření kódu



Obrázek 20: Základní UI aplikace

### ***Hodnocení aplikace***

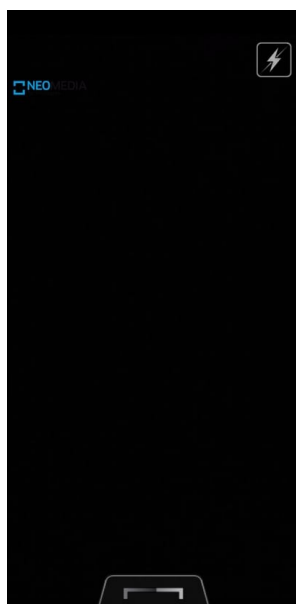
Tato aplikace kódy čte velmi rychle, nemá problém s jejich rozpoznáním. UI je velmi minimalistické, což aplikaci dává hezký a efektivní vzhled. Přidávky do UI jako svítilna nebo skenování souboru jsou velmi užitečné, a uživatel je má ihned po ruce. Možnost vytvořit vlastní kód, a vybrat si při tom z přednastavených šablon, je velmi příjemným dodatkem, stejně jako historie přečtených kódů.

#### **4.1.2 NeoReader QR & Barcode Scanner**

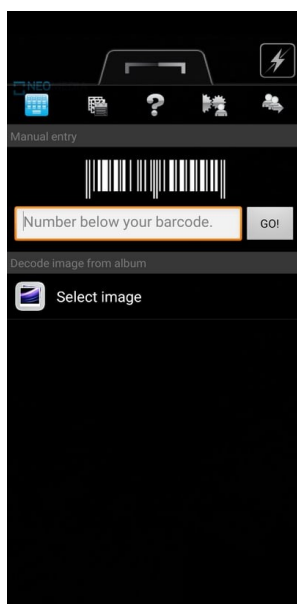
##### ***Popis aplikace***

Aplikace je vyvíjena americkou společností NM, LLC. Existuje pouze jedna verze, která obsahuje reklamy, ale těchto reklam se opět lze zbavit, a to za symbolickou cenu 19.50 Kč. Tato aplikace patří mezi méně stahované, s asi 44 tisíci staženími, a hodnocením 4/5. Umí číst mnoho 1D i 2D kódů, jako jsou QR, Data Matrix, Aztec, UPC, Code 39 a 128, PDF 417 apod.

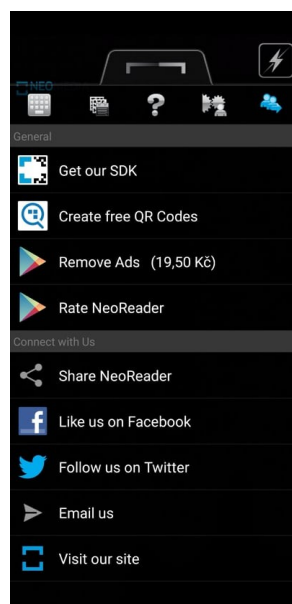
Základní stránka aplikace obsahuje pouze kameru, tlačítko pro zapnutí svítilny, a na spodní straně výsuvnou záložku, ve které jsou ostatní funkce. Tyto funkce zahrnují manuální vložení čárového kódu, historii přečtených kódů, nápovědu, nastavení, a záložku pro sociální média jako Google Play, Facebook, Twitter apod.



Obrázek 21: Základní UI aplikace



Obrázek 22: Manuální zadání ID kódu



Obrázek 23: Záložka pro soc. sítě

### ***Hodnocení aplikace***

Řešení hlavních funkcí ve vysouvací záložce se někomu líbit může, někomu nemusí. Aplikace čte kódy rychle, nemá problém s jejich rozpoznáním. Historie přečtených kódů je opět vítaný přídavek. Také jako předchozí aplikace umí číst kódy ze souboru místo kamery. Možnost tvoření kódu tu je, ovšem velmi limitovaná. Vytvořit jde pouze QR kód v předem dané šabloně, která je určena pro firmy. Toto také nelze provést přímo v aplikaci, ale aplikace pro to otevře webovou stránku v prohlížeči. Další problém je chybějící čtverec u kamery, jako tomu bylo u předchozí aplikace. Bez něj, pokud je několik kódů vedle sebe, je obtížné přečíst ten správný, jelikož aplikace jednoduše přečte ten, který rozezná jako první. Tento problém je ještě prohlouben tím, že aplikace nemá možnost pro přiblížení nebo oddálení kamery.

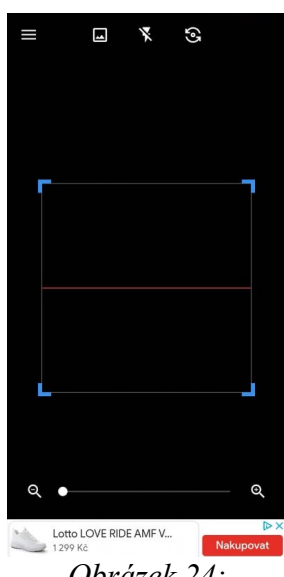
#### **4.1.3 Skener QR a čárových kódů**

##### ***Popis aplikace***

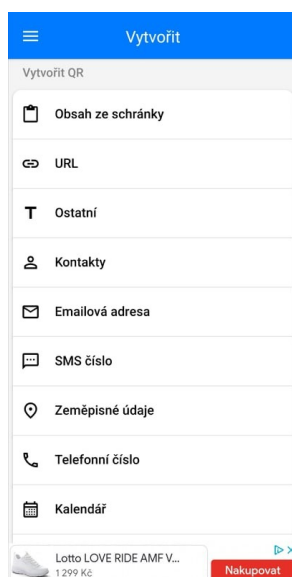
Tato aplikace je vyvíjena společností Gamma Play, která se zabývá vývojem mobilních aplikací a her. Aplikace existuje ve dvou verzích, verze zdarma a verze PRO, která za částku 79.99 Kč odstraňuje z aplikace reklamy. Aplikace je na Google Play velmi populární, má necelých 2 miliony stažení, a je uživateli hodnocena 4.7/5. Aplikace dokáže

číst mnoho 1D i 2D kódů, jako například Code 39 a 93, PDF 417, QR, Data Matrix, Aztec apod.

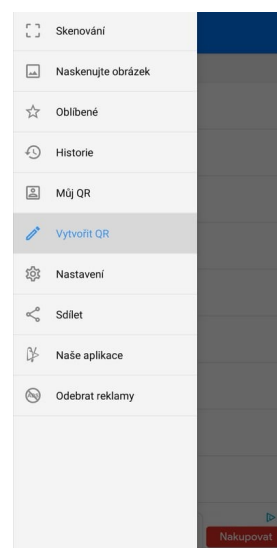
Hlavní UI je minimalistické, obsahuje samotnou kameru s klasickým čtvercem pro zaměření na kód, a na horní straně umožňuje přepnutí kamery ze zadní na přední, zapnutí svítilny, a skenování kódu ze souboru. Na dolní straně poté najdeme posuvník pro přiblížení kamery. Dále na levé straně má pro telefon typické tlačítko pro vysouvací menu. V tomto menu se nachází záložky jako historie načtených kódů, oblíbené kódy, nastavení, informace o aplikaci, nebo tvoření kódu. Je možné tvořit kódy všech typů, které aplikace přečte, a aplikace nabízí předem nastavené šablony, kterých uživatel může využít.



Obrázek 24:  
Základní UI aplikace



Obrázek 25: Tvoření kódu v aplikaci



Obrázek 26:  
Vysouvací menu aplikace

### ***Hodnocení aplikace***

Jde vidět, proč je tato aplikace jedna z nejoblíbenějších na Google Play. Aplikace čte kódy velmi rychle a nemá problém žádný rozpoznat. UI je příjemné, důležité funkce jsou ihned po ruce. Stejně jako první aplikace, součástí jsou užitečné funkce jako historie, čtení kódu ze souboru, nebo tvorba vlastního kódu, která je obohacena o šablony. Kód je tvořen přímo v aplikaci, a uživatel si může zvolit typ 1D i 2D kódu, který chce vytvořit. Čtverec v kameře umožňuje zaměřit se na jeden určitý kód, a součástí aplikace je také možnost přiblížovat nebo oddalovat kameru. Reklamy nepřekáží, takže uživatel není nucen aplikaci zakoupit pro bezproblémové používání. Celkově je aplikace velmi kvalitní a propracovaná.

## 4.2 Průmyslové čtečky

Evoluce průmyslových čteček opět začala u 1D, tzv. čárových kódů. Tyto čtečky fungují na základě vysílání tenkého a dlouhého sloupce světla, které na čárový kód dopadá, a odráží se zpět do čtečky, do tzv. fotoelektrického článku. Černé čáry odráží méně světla než bílé mezery, což článek zaznamená, a vyhodnotí tloušťku a pořadí černých čar a bílých mezer. Tyto čtečky ovšem nejsou kompatibilní s 2D kódy, protože umí číst pouze kódy jednorozměrně.



Obrázek 27: Čtečka 1D kódů  
[31]

Princip čtečky dvourozměrných kódů je velmi rozdílný od 1D čteček. Místo laseru čtečka funguje jako digitální kamera, která kód vyfotí, a poté podle softwarového algoritmu kód rozpozná, srovná, a dekóduje. Princip je tedy srovnatelný s mobilními aplikacemi. Tyto čtečky jsou zpětně kompatibilní i s 1D kódy, které bezproblémově přečtou.

2D čtečky jsou využívány v mnoha průmyslových odvětvích. Jejich hlavní využití je samozřejmě ve výrobě, skladování, trasování, a transportu výrobků, ale ze stejných důvodů mohou být použity pro armádní účely. V obchodech mohou sloužit pro identifikaci zboží, ať už jde o pracovníky skladu, nebo pokladny. Ve zdravotnictví pro čtení informace na medikacích, nebo například pro identifikaci pacientů v nemocnici. Své využití najdou také například u pošty, pro trasování a identifikaci balíků či dopisů.

Průmyslové čtečky se liší v několika vlastnostech, a kupující čtečky tyto vlastnosti musí rozlišit, a určit, co je pro něj důležité.

Čtečky existují v různých provedeních s lišící se robustností. Je velký rozdíl, jestli bude čtečka použita např. v lékárně, a nebo ve výrobní hale. Ať už jde o prach, vlhkost, počasí, nebo teploty, ve kterých budou čtečky pracovat, je důležité vybrat to správné provedení, a tím se vyhnout zbytečnému ničení čteček.



Obrázek 28: Robustní čtečka Zebra [30]

Množství dvourozměrných kódů je dnes ve světě opravdu velké, a každý kód je jiný. Jednotlivé kódy potřebují jiný algoritmus na přečtení, takže ne každá čtečka dokáže přečíst každý kód. Je důležité, aby si uživatel čtečky nejdříve určil jaké kódy bude používat, a podle toho poté zakoupil čtečky.

Vzdálenost a frekvence čtení jsou také velmi důležité. Některé čtečky jsou lépe uzpůsobeny čtení na delší vzdálenosti než jiné, a je třeba vědět, jestli se kódy budou číst ve vzdálenosti padesáti centimetrů, nebo čtyř metrů. Stejně je to s frekvencí čtení. Některé čtečky dokážou číst tisíce symbolů za minutu, zatímco jiné jsou uzpůsobeny na nižší frekvenci použití.

Dále je třeba zvážit, jestli se kódy čtou pouze na jednom místě, nebo je nutné být se čtečkou mobilní. Toto rozhodne, zdali je možné zakoupit kabelovou čtečku, nebo čtečku na baterii. Pokud se uživatel rozhodne pro čtečku na baterii, je také třeba zvážit výdrž baterie, jelikož různé prostředí mohou mít v tomto ohledu rozdílné požadavky. Tyto rozdíly také mohou určit, zda je lepší zakoupit upevněnou, ruční, nebo nositelnou čtečku. [20]



Obrázek 29: Nositelná čtečka kódů [29]

Posledním rozdílem mezi čtečkami je výrobce. Výrobců je mnoho, a mezi přední výrobce se řadí značky Datalogic, Handheld, Honeywell, BarTender, CipherLab, nebo Zebra. Mezi známější výrobce také patří Denso, Fujitsu, Samsung, Toshiba, nebo Panasonic. [28]



## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 5 ÚVOD DO PRAKTICKÉ ČÁSTI PRÁCE

Druhá část práce se nyní bude zabývat samotným využitím mobilních aplikací a průmyslových čteček pro čtení dvourozměrných kódů v praxi. Cílem této práce je, za pomoci experimentů, nalézt limity jednotlivých čtecích zařízení v jejich schopnostech čtení dvourozměrných kódů, a na základě těchto limitů stanovit jejich silné a slabé stránky. Závěrem práce bude poté doporučení jednotlivých zařízení, či zařízení jim podobným ve stejné cenové kategorii, pro optimální čtení dvourozměrných kódů v praxi.

Praktická část je tedy rozdělena do několika částí. Nejdříve je třeba vybrat mobilní telefony a průmyslové čtečky, na kterých se budou experimenty provádět. Tyto experimenty se poté musí navrhnout tak, aby měly co nejvyšší informační hodnotu, a aby výsledky byly přesné. Experimenty budou testovat limity aplikací a čteček hned v několika ohledech. Následně je třeba tyto experimenty provést, jak s mobilními aplikacemi, tak s průmyslovými čtečkami. Posledními kroky práce je poté vyhodnocení výsledků experimentů, a doporučení pro využití mobilních aplikací či průmyslových čteček, týkající se jejich silných a slabých stránek, či limitů jejich funkčnosti.

## 6 VYBRANÉ MOBILNÍ TELEFONY

Nejdůležitější část mobilního telefonu, o kterou v těchto experimentech půjde, je samozřejmě jeho hlavní (zadní) fotoaparát. Jak bylo v teoretické části zmíněno, mobilní telefony čtou dvourozměrné kódy tím způsobem, že aplikace vyfotografuje kód, který poté svým algoritmem dekóduje. Kvalita fotografií, které je daný mobilní telefon schopný, je tedy nesmírně důležitá, a byla také hlavním parametrem, podle kterého se mobilní telefony pro tyto experimenty vybíraly. Každý telefon, který je pro tyto experimenty využit, má tedy zásadně rozdílné rozlišení, a jiné vlastnosti fotoaparátu.

Pro tuto práci byly vybrány telefony Huawei Nova 3, Xiaomi Redmi Note 7, a Samsung Galaxy A40.

### 6.1 Huawei Nova 3

Tento mobilní telefon od společnosti Huawei se na trhu objevil v srpnu roku 2018. Jeho prodejní cena se tehdy pohybovala okolo jedenácti tisíc korun českých.

Telefon běží na operačním systému Android 9.0, obsahuje procesor HiSilicon Kirin 970, a grafický čip Mali-G72 MP12. Telefon má 4 GB operační paměti, a 128 GB úložiště, které je možné rozšířit pomocí microSD karty až do 256 GB. IPS LED displej má 6.3 palce s rozlišením 1080x2340 pixelů, a hustotou pixelů 409 ppi (pixels per inch).

Zadní strana telefonu má dvojitý fotoaparát, sestavený z RGB senzoru s rozlišením 16Mpix, a monochromatického sekundárního senzoru s rozlišením 24Mpix, s dvojitým f1.8 širokoúhlým 6p objektivem. Fotoaparátu také pomáhá umělá inteligence, která ve 22 kategoriích dokáže rozpoznat více než 500 různých typů fotografie, a tak se vhodně přizpůsobit pro nejlepší kvalitu fotky či videa. [21]



Obrázek 30: Huawei Nova 3 [35]

## 6.2 Xiaomi Redmi Note 7

Společnost Xiaomi uvedla model Redmi Note 7 na trh v únoru roku 2019. Původní cena se pohybovala okolo pěti tisíc korun českých.

Telefon běží na operačním systému Android 9.0, a obsahuje čipset Qualcomm Snapdragon 660 a grafickou kartu Adreno 512. Telefon obsahuje 4 GB operační paměti, a 64 GB úložiště, které je možné rozšířit paměťovou kartou. IPS LED displej měří 6.3 palce, a jeho rozlišení je 1080x2340 pixelů, s hustotou pixelů 409 ppi. Telefon má také neodstranitelnou lithium-polymerovou baterii s kapacitou 4000 mAh.

Zadní strana telefonu obsahuje duální kameru, jejíž rozlišení je 48 Mpix pro hlavní senzor se světlostí f/1.8, a 5 Mpix pro hloubkový senzor, se světelností f/2.2. Oba senzory mají PDAF zaostřování. Fotoaparát tak dokáže fotit a natáčet videa ve kvalitě 1080p. [22]



Obrázek 31: Xiaomi Redmi Note 7 [36]

### 6.3 Samsung Galaxy A40

Model Galaxy A40 byl poprvé uveden na trh v dubnu roku 2019, za cenu zhruba šest a půl tisíce korun českých.

Telefon běží na operačním systému Android 9.0. Je vybaven čipsetem Exynos 7904 a grafickým čipem Mali-G71 MP2. Operační paměť činí 4 GB, a úložiště 128 GB s možností rozšíření pomocí microSD karty. Displej telefonu má úhlopříčku 5.9 palců, a rozlišení 1080x2340 pixelů, při hustotě 437 ppi. V chodu telefon udržuje lithium-polymerová baterie s kapacitou 3100 mAh.

Na zadní straně telefonu se nachází duální fotoaparát. Hlavní širokoúhlý senzor má rozlišení 16 Mpix se světlostí  $f/1.7$ . Druhý, ultraširokoúhlý pomocný senzor, má rozlišení 5 Mpix se světlostí  $f/2.2$ . [23]



Obrázek 32: Samsung Galaxy A40 [34]

## 6.4 Porovnání telefonů

Níže můžeme vidět tabulku 1, která porovnává jednotlivé parametry všech tří mobilních telefonů. Tabulka udává operační systém telefonu, jeho čipset, grafický čip, množství paměti RAM, velikost úložiště, nebo kapacitu baterie. Hlavně se tabulka zaměřuje na fotoaparáty, které pro čtení dvourozměrných kódů budou klíčové.

	Huawei Nova 3	Xiaomi Redmi Note 7	Samsung Galaxy A40	
<b>Operační systém</b>	Android 9.0	Android 9.0	Android 9.0	
<b>Čipset</b>	Kirin 970	Qualcomm Snapdragon 660	Exynos 7904	
<b>GPU</b>	Mali-G72 MP12	Adreno 520	Mali-G71 MP2	
<b>RAM [GB]</b>	4	4	4	
<b>Baterie [mAh]</b>	3750	4000	3100	
<b>Úložiště [GB]</b>	128	64	128	
<b>Fotoaparát (hlavní)</b>	<b>Rozlišení [Mpix]</b>	24	48	16
	<b>Světlost [f/stop]</b>	1.8	1.8	1.7
	<b>Typ</b>	wide	wide	wide
<b>Fotoaparát (pomocný)</b>	<b>Rozlišení [Mpix]</b>	16	5	5
	<b>Světlost [f/stop]</b>	1.8	2.2	2.2
	<b>Typ</b>	wide	depth	ultrawide

Tabulka 1: Tabulka porovnání parametrů telefonů

Vidíme, že telefon Xiaomi Redmi Note 7 má největší kapacitu baterie, zatímco telefon Samsung Galaxy A40 ji má nejmenší. Výdrž baterie je při delším čtení kódů velmi důležitá.

U fotoaparátů si můžeme všimnout, že telefon Xiaomi Redmi Note 7 má ze všech nejvyšší rozlišení, a to při duálním fotoaparátu 48+5 Mpix. Telefon Huawei Nova 3 je v rozlišení na druhé příčce opět s duálním fotoaparátem 24+16 Mpix, a telefon Samsung Galaxy A40 má nejmenší rozlišení 16+5 Mpix, také na duálním fotoaparátu. Toto už nám může naznačit, které telefony by teoreticky měly být lepší pro čtení dvourozměrných kódů.

## 7 VYBRANÉ PRŮMYSLOVÉ ČTEČKY

Je třeba říct, že průmyslové čtečky se v rozlišení moc neliší. Dosáhly velmi pohodlné úrovně, kde dokážou číst kódy velmi efektivně, rychle, ale za všech různých podmínek. Průmyslové čtečky se ovšem výrazně liší v jejich ostatních vlastnostech. Vzhledem k jejich využití v průmyslovém prostředí, čtečky musí často být velmi odolné, ať už jde o průmyslové krytí, krytí proti nárazům, vlhkosti, apod. Je také rozdíl mezi čtečkami s kabelovými, nebo čtečkami, které se mohou používat na dálku, často např. přes Bluetooth.

Tři vybrané čtečky jsou tedy různé, ať už jde o jejich robustnost, nebo typ přenosu dat.

Kvůli obtížné dostupnosti a ceně průmyslových čteček se bylo třeba obrátit na někoho, kdo by byl schopen a ochoten průmyslové čtečky pro experimenty propůjčit. Této prosbě vyhověla společnost Codeware, a její zástupce Miroslav Kropáč, kterým tímto za jejich ochotu a přátelský přístup hluboce děkuji.

Všechny tři průmyslové čtečky, které byly v této práci použity, byly zapůjčeny od společnosti Codeware, s.r.o.

### 7.1 Společnost Codeware, s.r.o.

Codeware, s.r.o. je česká společnost, která se specializuje v oblasti automatické identifikace. Od roku 1996 se zabývá technologiemi čárových kódů, a později rozšířila o příbuzné obory jako RFID, pokladní systémy apod. Společnost dodává hardware i software týkající se těchto oborů, a stará se o distribuci produktů jako jsou čtečky čárových či dvourozměrných kódů, přenosných datových terminálů, tiskáren účtenek, a mnoho dalších. [27]

Odkaz na webové stránky společnosti: [www.codeware.cz](http://www.codeware.cz)

### 7.2 Průmyslová čtečka Birch BS-111

Tato průmyslová čtečka od výrobce Birch nese pořizovací cenu zhruba dva tisíce Kč.

Je to USB kabelová čtečka 1D i 2D kódů, která může načítat data do PC, Mac, nebo mobilního telefonu. Dokáže snímat velké množství kódů, jako EAN 8, UPCE, Code 93, QR, PDF417, Aztec, Data Matrix, MaxiCode a další. Tyto kódy snímá v rozlišení 3 mil pro 1D, a 5 mil pro 2D.

Čtečka je vyrobena z ABS plastu, váží 120 g, a délka USB kabelu činí 1.8 m. Je relativně odolná, dokáže pracovat v teplotách od 0 do 50°C, při okolním osvětlení až 100000 lux, a ve vlhkosti 20 až 95%. [24]





Obrázek 33: Čtečka Birch BS-111 [24]

### 7.3 Průmyslová čtečka Honeywell Granit XP 1990iSR

Tato čtečka od výrobce Honeywell nese pořizovací cenu zhruba osm tisíc Kč.

Jde o USB kabelovou čtečku, která umí číst všechny standardní typy 1D i 2D kódů, s hloubkou čtecího pole 0-837 mm a snímačem čárových kódů 2D Imager v rozlišení 1280x800 px. Čtečka je také schopna číst DPM, což jsou permanentní kódy (leptání, vytlačení, laser apod.).

Čtečka váží 320 g, a je velmi odolná, její provozní teplota je -30 až 50°C, a dokáže pracovat při osvětlení až 100000 lux. Její průmyslové krytí je IP69, a zvládne odolat až 50 pádů z výšky 3 m na beton. Provozní vlhkost činí 0 až 95 %. [25]



*Obrázek 34: Čtečka  
Honeywell Granit  
XP 1990iSR [25]*

#### **7.4 Průmyslová čtečka CipherLab 2564**

Tato čtečka má pořizovací cenu okolo patnácti tisíc Kč.

Tato čtečka pracuje bezdrátově přes Bluetooth, a tak není omezoována délkou kabelu. Dobíjí se ve stojanu, který je připojen k PC a pomocí Bluetooth přijímá data ze čtečky. Kódy se tak mohou číst i ve vyšší vzdálenosti od PC, až do 100 m. Čtečka dokáže číst všechny standardní typy 1D kódů, a velké množství 2D kódů, jako například Aztec, Data Matrix, QR, Micro QR, MaxiCode, PDF4174 apod. Má hloubku čtecího pole 2 cm ~ 28 cm, dokáže číst až 60 scanů za sekundu s rozlišením 3 mil pro 1D, a 5 mil pro 2D. Tato čtečka, stejně jako předchozí, dokáže číst DPM.

Váží 198 g, je v rozsahu 0 až 50 °C, dokáže pracovat při osvětlení až 100000 lux, a ve vlhkosti 10 až 90 %. Čtečka má průmyslové krytí IP54. [26]



*Obrázek 35: Čtečka CipherLab 2564 [26]*

## 8 POPIS EXPERIMENTŮ

Experimenty budou provedeny na všech průmyslových čtečkách, které byly popsány v kapitole 7, tedy čtečky Birch BS-111, Honeywell Granit XP 1990iSR, a CipherLab 2564. Také budou provedeny na mobilních telefonech popsaných v kapitole 6, tedy Huawei Nova 3, Xiaomi Redmi Note 7, a Samsung Galaxy A40. Na mobilních telefonech se budou testovat různé mobilní aplikace, konkrétně aplikace z kapitoly 4, jmenovitě Čtečka QR od firmy TeaCapps, NeoReader od vývojářů NM, LLC, a Skener QR a čárových kódů od společnosti Gamma Play. Všechny experimenty, jak se čtečkami, nebo telefony, budou testovány na třech typech dvourozměrných kódů, konkrétně QR, Aztec a Data Matrix, které byly popsány v podkapitole 2.3.

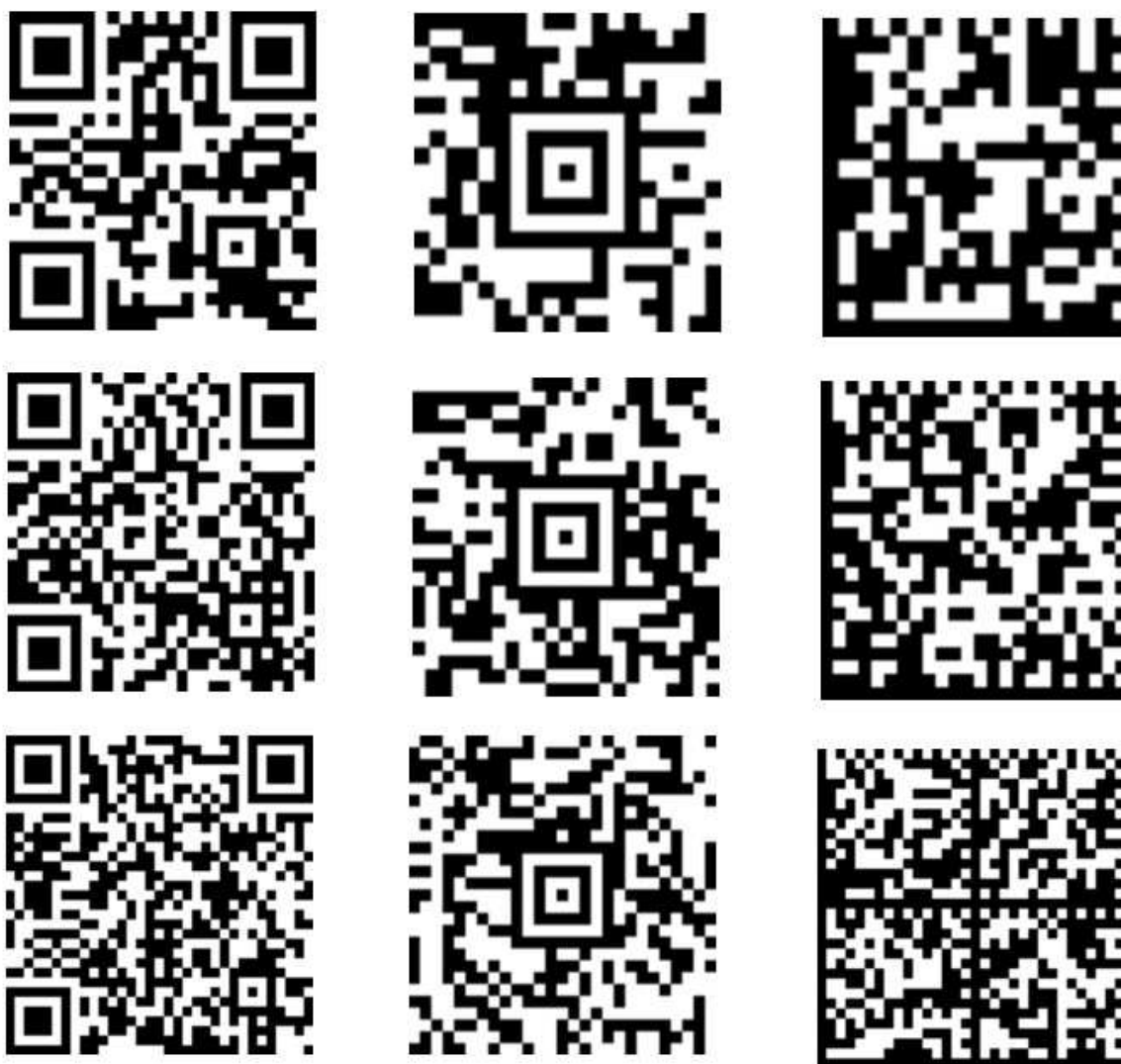
Tyto experimenty mají představovat čtení 2D kódů v praxi, a proto potřebují obsahovat klasické problémy, se kterými se uživatel aplikace či čtečky může setkat v reálném životě. Experimenty se tedy zabývají hned několika vlastnostmi, které na čtení dvourozměrných kódů mají v praxi velký vliv. Bude testována maximální vzdálenost čtení kódu, nejmenší možný rozměr modulu, maximální jas, mechanické poškození kódu, tedy část kódu bude chybět, zašpinění kódů, nejhorší kvalita, při které zařízení může kód přečíst, a také čtení pohybujícího se kódu.

### *Vzdálenost kódu*

První vlastností, kterou se práce zabývá, je vzdálenost od kódu samotného. V praxi může být vzdálenost, ze které se dvourozměrný kód čte, velmi rozdílná v různých prostředích. Kódy se mohou číst ze vzdálenosti 20 centimetrů, či několika metrů.

Experiment je navržen tak, že kód, který je v rozměru 5x5 cm je umístěn uprostřed počítačového monitoru. Čtecí zařízení, ať už mobilní telefon, nebo průmyslová čtečka, je poté drženo v konstantní výšce, nepřerušovaně namířeno přímo na daný dvourozměrný kód. Zařízení se poté pomalu oddaluje od kódu, a až je kód zařízením nečitelný, je zaznačena a odebrána vzdálenost.

Tento experiment je proveden pro všechny mobilní telefony, aplikace, čtečky a typy kódů třikrát, pokaždé pro jiný kód, tzn. kód s jiným obsahem a jiným počtem modulů. Tento výběr kódů je na obrázku 36.



Obrázek 36: Kódy použité pro experiment vzdálenosti

### ***Rozměr modulu***

Druhou vlastností, která je velmi důležitá, je rozměr kódu, tedy rozměr jednotlivých modulů. Kódy v praxi mohou být v různých rozměrech, od metrů čtverečních na různých billboardech, po milimetry čtvereční, například na malých elektronických součástkách. Experiment je tedy zaměřen na nejmenší možný rozměr modulu.

Experiment je navržen tak, že daný dvourozměrný kód je umístěn uprostřed počítačového monitoru, a jeho rozměry jsou po setinách centimetrů zmenšovány. Čtecí zařízení je drženo v blízkosti do půl metru od monitoru, a je možno s ním mírně pohybovat pro zlepšení zaostření. Pro mobilní aplikace, které umožňují přiblížení, je přiblížení povoleno. V momentě, když už je kód nečitelný jsou odebrány jeho rozměry.

Protože různé typy kódů mohou mít pro stejnou zprávu jiný počet modulů, je rozměr poté přepočítán na samotný modul, a to jednoduchým vztahem

$$\text{rozměr modulu} = \frac{\text{rozměr kódu}}{\text{počet modulů jedné strany}} \cdot$$

Tento experiment je opět proveden pro všechny telefony, aplikace, čtečky a typy kódů třikrát s různými kódy, tzn. kódy s různým počtem modulů a různým obsahem. Použité kódy jsou stejné jako při minulém experimentu, tzn. obrázek 33.

Výsledek tohoto experimentu je číslo v cm<sup>2</sup>, které udává nejmenší možný rozměr modulu pro dané zařízení a kód.

### ***Jas kódu***

Při čtení kódů v praxi je možnost, že je kód vybledlý, špatně vytisknutý, nebo má špatný kontrast barev. Třetí vlastností, která je proto vyzkoušena experimentem, je jeho jas na bílém pozadí. Nulový jas znamená kód tak, jak má být, stoprocentní jas poté znamená kód tak světlý, že na bílém pozadí nejde vidět.

Při experimentu je kód umístěn uprostřed počítačového monitoru, a je na něj namířeno čtecí zařízení, které kód snímá. Stejně jako u předchozího experimentu je vzdálenost zařízení od monitoru maximálně půl metru, se zařízením je povoleno mírně manipulovat pro lepší zaostření, a pro aplikace, které tuto možnost poskytují, je povoleno přiblížení. Jas kódu je po jednotkách procent zvyšován, a až je kód pro zařízení nečitelný, je odebrána hodnota jasu.

Tento experiment je opět pro všechny zařízení a typy kódů proveden třikrát, a to s různými kódy, tzn. s různým obsahem a počtem modulů, a také s různými rozměry kódu. Opět byly použity kódy na obr. 36.

Výsledkem experimentu je poté uvedeno číslo v procentech, které udává maximální možný jas pro dané zařízení a kód.



Obrázek 37: Příklady kombinací kódů a jasu

### *Poškození kódu*

Dvourozměrné kódy se velmi často objevují fyzicky, ať už se jedná o kód vytisknutý na papír, billboard, vyleptaný na kov apod. Je tedy velká šance, že se kus kódu utrhne, odře, či se jinak jeho část vytratí.

Tento experiment je navrhnout tak, že kód, který je nějak poškozený, je umístěn doprostřed počítačového monitoru ve velikosti 5x5 cm, a čtecí zařízení se ho ze vzdálenosti max. půl metru snaží přečíst. Se zařízením je povoleno mírně manipulovat pro lepší čtení, a aplikace, které umožňují přibližování, mají možnost přibližovat.

Experiment se provede jednou pro kód Data Matrix, a třikrát pro kódy QR a Aztec, jelikož u těchto dvou kódů je možnost výběru úrovně korekce chyb. Generované QR kódy mají úrovně korekce chyb L (7 %), M (15 %) a H (30%). Generované Aztec kódy mají úrovně korekce chyb 7 %, 45% a 90%.

Výsledkem experimentu bude pouze binární záznam, zda zařízení poškozený kód přečetlo, nebo ne.



Obrázek 38: Poškozené kódy

### *Nečistota kódu*

V praxi se mnohdy stane, že kód, který je někde vystaven, se zašpiní, přeškrtně, apod. Další experiment se tedy bude týkat čtecích schopností zařízení u kódů takto poškozených.

Experiment je opět navrhnut tak, že je kód ve velikosti 5x5 cm umístěn do středu počítačového monitoru, a čtecí zařízení se jej snaží číst z blízké vzdálenosti, tedy do půl metru. Zahrnuty jsou opět všechny druhy kódů, které jsou různě zašpiněny, či přeškrtnuty. Experiment byl proveden pro tři různé kódy od každého typu, úroveň zašpinění je různá, a pro znečištění byly také použity různé barvy. Kódy QR a Aztec také mají různé úrovně korekce dat, přesněji stejné jako v experimentu poškození.

Výsledkem tohoto experimentu je opět binární zápis, jestli čtecí zařízení bylo schopno kód přečíst, nebo ne.



Obrázek 39: Znečištěné kódy



### *Kvalita (rozmazání) kódu*

Kvalita obrázku je další klíčovou vlastností, která se v praxi může různit. Ať už se například jedná o špatný tisk, nebo papírový podklad pro kód, který nasákl vodou, kód se může jednoduše rozmazat. Tento experiment se tedy bude zabývat zhoršenou kvalitou kódu, přesněji jeho rozmazáním.

Experiment je proveden v grafickém editoru GIMP, ve kterém je kód v rozměru 5x5 cm celý rozmazáván pomocí nástroje pro rozmazání. Kód je opět uprostřed počítačového monitoru, a čtecí zařízení se ho z blízké vzdálenosti snaží přečíst. Se zařízením se může mírně manipulovat, a pro aplikace, které umožňují přiblížení, je přiblížení povoleno. Nástroj pro rozmazání je v grafickém editoru nastaven na stoprocentní hrubost, a kód je vždy rozmazán celý, a to jednou aplikací nástroje. Pokud je kód stále čitelný, nástroj se aplikuje znovu.

Výsledkem tohoto experimentu je procentuální vyjádření rozmazání při posledním přečtení. Jedna aplikace nástroje se stoprocentní hrubostí je 100 %.



*Obrázek 40: Příklady kódů s různou kvalitou*

### *Pohyb kódu*

S pohyblivými-se dvourozměrnými kódy se v dnešní době můžeme setkat prakticky všude. Ať už jde o reklamní kódy, které jsou například natisknuté na autě, či samozřejmě v průmyslu, kde se kódy pohybují na dopravním páse. Tento experiment se tedy bude zabývat čtením kódu za pohybu.

Experiment je sestaven velmi jednoduše, a jde v něm pouze o to, jestli je dané zařízení či aplikace schopné přečíst pohyblivý se kód. Tento experiment je proveden v software LibreOffice Impress, kde je kód, v rozměru 3x3 cm, umístěn na jednu stranu, a je na něj aplikována animace, která kód za určitý čas posune na stranu druhou. Pomocí vzdálenosti,

kterou kód putuje, a času, za který se dostane do konce, je možné vypočítat a určovat jeho rychlost. Zařízení je umístěno asi 0.5 m před monitorem, a je namířeno doprostřed monitoru, aby kód zachytilo v pohybu. Se zařízením se dále nemanipuluje. Experiment je proveden pouze při jedné rychlosti, a to zhruba 0.25 m/s, na všech třech typech kódů, konkrétně na první řadě kódů z obrázku 36.

Výsledkem tohoto experimentu bude jednoduchá binární odpověď ano/ne, zda zařízení či aplikace byla schopna kód přečíst.

### ***Generování 2D kódů pro experimenty***

Všechny předchozí kódy, které byly generovány pro tyto experimenty byly generovány ze zdrojů [43], [44] a [45].

## 9 VÝSLEDKY EXPERIMENTŮ

Všechny experimenty popsané v kapitole 8 byly provedeny na všech zařízeních, tedy na všech kombinacích mobilních telefonů a aplikací, a na všech průmyslových čtečkách.

Na každém telefonu bylo provedeno 17 různých typů či variací experimentů, a to třikrát pro každou ze tří mobilních aplikací kvůli různým typům dvourozměrných kódů. Na každém mobilním telefonu bylo tedy provedeno 153 experimentů, což je celkově 459 experimentů pro mobilní telefony.

Na každé průmyslové čtečce bylo také provedeno 17 typů či variací experimentů, a to třikrát pro každý typ dvourozměrného kódu. Na každé čtečce tedy bylo provedeno 51 experimentů, celkem tedy 153 pro všechny průmyslové čtečky.

Celkem tedy bylo provedeno 612 jednotlivých experimentů, které byly zaznamenány do tabulek, které jsou níže v této kapitole. Každá z těchto tabulek je poté komentována. Komentář vždy popisuje výsledky jednotlivých experimentů, a porovnává je s ostatními daty v rámci dané tabulky.

### 9.1 Provedené experimenty pro mobilní telefony

Tato podkapitola obsahuje tabulky výsledků experimentů provedených pro mobilní telefony. Každému mobilnímu telefonu je věnována jedna podkapitola obsahující tabulku výsledků, která je poté komentována. Komentář konkrétně popisuje výsledky jednotlivých aplikací, a zároveň tyto aplikace v daném experimentu srovnává mezi sebou.

#### 9.1.1 Výsledky experimentů pro Huawei Nova 3

Výsledky provedených experimentů pro mobilní telefon Huawei Nova 3 jsou přehledně zaznamenány v tabulce 2. Ve sloupcích můžeme vidět jednotlivé mobilní aplikace, které byly testovány, a pod nimi typy 2D kódů. V řádcích poté vidíme samotné experimenty.

	Huawei Nova 3 [24+16 Mpix]								
	Čtečka QR			NeoReader			Skener QR		
	QR	Aztec	DM	QR	Aztec	DM	QR	Aztec	DM
<b>Vzdálenost [cm]</b>	199	230	253	80	87	72	194	234	249
<b>Vzdálenost 2 [cm]</b>	170	162	163	67	54	56	162	186	194
<b>Vzdálenost 3 [cm]</b>	137	137	135	61	54	54	140	143	144
<b>Rozměr [cm/modul]</b>	0.031	0.031	0.037	0.032	0.036	0.029	0.045	0.048	0.039
<b>Rozměr 2</b>	0.027	0.039	0.037	0.027	0.039	0.033	0.038	0.046	0.035
<b>Rozměr 3</b>	0.035	0.039	0.041	0.030	0.041	0.033	0.036	0.048	0.041
<b>Jas 5x5</b>	80%	58%	50%	72%	70%	63%	74%	76%	76%
<b>Jas 2 6x6</b>	78%	59%	48%	73%	70%	63%	78%	74%	72%
<b>Jas 3 4x4</b>	76%	57%	53%	70%	68%	59%	72%	73%	70%
<b>Poškození L</b>	☑	☑	x	☑	x	x	☑	☑	☑
<b>Poškození M</b>	☑	☑		☑	x		☑	☑	
<b>Poškození H</b>	☑	☑		☑	x		☑	☑	
<b>Nečistota</b>	☑	☑	☑	x	☑	x	x	☑	☑
<b>Nečistota 2</b>	☑	☑	☑	☑	x	☑	☑	☑	☑
<b>Nečistota 3</b>	☑	☑	☑	x	☑	☑	☑	☑	☑
<b>Rozmazání</b>	500%	400%	300%	500%	500%	600%	500%	300%	500%
<b>Pohyb</b>	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑

Tabulka 2: Tabulka výsledků experimentů pro Huawei Nova 3

Z tabulky si můžeme všimnout, že maximální vzdálenost čtení tohoto telefonu je zhruba 2.5 m. Aplikace Čtečka QR a Skener QR dosahují podobných výsledků, ovšem Skener QR je vítězem. Aplikace NeoReader neobsahuje zabudovaný zoom, a proto je její čtecí vzdálenost drasticky nižší.

Co se týče rozměru kódu, telefon si poradil i s velmi malými kódy. Aplikace NeoReader dosáhla nejlepších výsledků, za ní je poté Čtečka QR, a Skener QR byl ve čtení malých kódů nejhorší.

Experiment jasu ukázal, že si telefon s aplikacemi dokáže poradit s jasnem až 80%. I když Čtečka QR dosáhla nejlepšího výsledku pro jeden výstup, průměrně byla nejhorší. O příčku nad ní se dostal NeoReader, a Skener QR dosáhl nejlepších výsledků.

Při testování poškození si Čtečka QR i Skener QR vedly velice dobře, Skener QR dokonce přečetl každý vzorek. NeoReader za těmito aplikacemi zaostává, a nedokázal si poradit s poškozením Aztec kódu, ani Data Matrix.

U testování znečištěných kódů byly opět aplikace Čtečka QR a Skener QR velmi blízko. Tentokrát měla navrch Čtečka QR, která dokázala přečíst všechny vzorky. NeoReader měl i v tomto experimentu problémy.

V experimentu rozmazaných kódů měla navrch aplikace NeoReader, Skener QR obsadil druhé místo, a Čtečka QR zůstala nejhorší.

Žádná aplikace neměla problém s pohybujícím-se kódem.

Tento telefon se umístil průměrně na druhé příčce. Odpovídá to jeho rozlišení fotoaparátu, které je také na druhém místě mezi vybranými telefony. Jediný experiment, kde tomu tak nebylo, byl experiment čtení z velké vzdálenosti, s čímž měl tento telefon problémy, ovšem stále dosáhl poměrně dobrého výsledku.

### 9.1.2 Výsledky experimentů pro Xiaomi Redmi Note 7

Výsledky provedených experimentů pro telefon Xiaomi Redmi Note 7 jsou přehledně zaznamenány v tabulce 3. Opět vidíme jednotlivé aplikace, které byly testovány, typy 2D kódů, a samotné experimenty.

	Xiaomi Redmi Note 7								
	Čtečka QR			NeoReader			Skener QR		
	QR	Aztec	DM	QR	Aztec	DM	QR	Aztec	DM
Vzdálenost [cm]	384	389	458	84	88	76	387	458	484
Vzdálenost 2 [cm]	321	275	362	70	74	73	313	347	375
Vzdálenost 3 [cm]	258	206	258	62	63	57	273	283	273
Rozměr [cm/modul]	0.031	0.041	0.036	0.029	0.036	0.031	0.031	0.042	0.039
Rozměr 2	0.031	0.048	0.037	0.033	0.039	0.035	0.038	0.050	0.046
Rozměr 3	0.036	0.048	0.039	0.030	0.039	0.036	0.036	0.052	0.045
Jas 5x5	78%	63%	42%	74%	75%	68%	74%	75%	73%
Jas 2 6x6	78%	56%	50%	77%	74%	68%	74%	74%	74%
Jas 3 4x4	76%	61%	49%	77%	77%	65%	73%	74%	73%
Poškození L	☑	☑	x	☑	x	x	☑	☑	x
Poškození M	☑	☑		☑	☑		☑	☑	
Poškození H	☑	☑		☑	x		☑	☑	
Nečistota	☑	☑	☑	x	☑	x	x	☑	☑
Nečistota 2	☑	☑	☑	☑	x	☑	☑	☑	☑
Nečistota 3	☑	x	☑	x	x	☑	x	x	x
Rozmazání	610%	500%	400%	510%	600%	500%	530%	400%	400%
Pohyb	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑

Tabulka 3: Tabulka výsledků experimentů pro Xiaomi Redmi Note 7

Stejně jako u předchozího telefonu, v experimentu vzdálenosti zvítězila aplikace Skener QR a čárových kódů. U tohoto telefonu se maximální vzdálenost skoro zdvojnásobila, a největší vzdálenost dosáhla skoro 5 m. Čtečka QR je druhá, a NeoReader, opět kvůli nedostupnosti zoomu, skončil poslední s necelým metrem.

Experiment rozměru kódu skončil velmi podobně k minulému zařízení. Rozměr jednoho modulu se pohyboval opět zhruba od 0.3 mm do 0.5 mm. NeoReader opět zvítězil, se Čtečkou QR na druhé pozici, a Skener QR a čárových kódů je opět na poslední příčce.

Ve čtení poškozených kódů opět vidíme podobnosti. Tentokrát Čtečka QR a Skener QR a čárových kódů dopadly stejně, a NeoReader měl opět s poškozenými kódy problémy.

Při čtení se zvýšeným jasem byl Skener QR a čárových kódů opět velmi konzistentní, a průměrně byl opět nejlepší. Druhá aplikace je opět NeoReader, a Čtečka QR byla v tomto experimentu nejhorší.

V experimentu nečistoty kódu zvítězila Čtečka QR, která přečetla všechny vzorky až na jeden, Skener QR a čárových kódů měl více problémů, a NeoReader opět zvládal znečištěný kód velmi špatně.

Při špatné kvalitě kódů opět zvítězil NeoReader, ale tentokrát dopadla Čtečka QR lépe, než Skener QR a čárových kódů.

Ani tentokrát nebyl žádný problém s pohybujícím se kódem, a všechny aplikace jej přečetly.

Tento mobilní telefon má průměrně nejlepší výsledky ze všech telefonů. Jeho vysoké rozlišení mu umožňuje kódy jednodušeji rozpoznávat, ať už jde např. o vzdálenost, rozměr, nebo rozmazání. Jde vidět, že hlavně pro tyto experimenty je rozlišení fotoaparátu klíčové.

### 9.1.3 Výsledky experimentů pro Samsung Galaxy A40

Výsledky provedených experimentů pro telefon Samsung Galaxy A40 jsou zaznamenány v tabulce 4. Tato tabulka má opět stejnou strukturu jako tabulky pro předchozí telefony.

	Samsung Galaxy A40								
	Čtečka QR			NeoReader			Skener QR		
	QR	Aztec	DM	QR	Aztec	DM	QR	Aztec	DM
Vzdálenost [cm]	403	345	440	81	90	80	404	410	467
Vzdálenost 2 [cm]	342	282	331	66	73	69	347	327	360
Vzdálenost 3 [cm]	286	231	250	55	64	53	285	279	263
Rozměr [cm/modul]	0.031	0.045	0.047	0.033	0.039	0.028	0.042	0.050	0.039
Rozměr 2	0.031	0.048	0.044	0.028	0.048	0.033	0.040	0.054	0.048
Rozměr 3	0.035	0.050	0.052	0.035	0.048	0.038	0.039	0.054	0.047
Jas 5x5	76%	60%	52%	67%	67%	66%	74%	71%	70%
Jas 2 6x6	76%	56%	50%	70%	66%	66%	72%	70%	70%
Jas 3 4x4	77%	60%	52%	68%	68%	64%	74%	70%	70%
Poškození L	☑	☑	☑	☑	x	x	☑	☑	x
Poškození M	☑	☑		☑	☑		☑	☑	
Poškození H	☑	☑		☑	x		☑	☑	
Nečistota	☑	☑	☑	x	☑	x	x	☑	x
Nečistota 2	☑	☑	☑	x	x	☑	☑	☑	☑
Nečistota 3	x	☑	☑	x	☑	☑	x	☑	☑
Rozmazání	410%	410%	300%	400%	400%	400%	500%	310%	410%
Pohyb	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑

Tabulka 4: Tabulka výsledků experimentů pro Samsung Galaxy A40

U třetího a posledního telefonu opět vidíme velmi podobné výsledky. Ve čtení z maximální vzdálenosti měl opět navrch Skener QR a čárových kódů. Čtečka QR je na druhém místě, na NeoReader opět kvůli chybějícímu zoomu skončil poslední.

Experiment rozměru modulu obecně dopadl hůře, než o předchozích telefonech. Pořadí telefonů je ovšem opět stejné, s aplikací NeoReader na první příčce, Čtečkou QR na druhém, a Skener QR a čárových kódů opět dopadl nejhůř.



Při zvýšeném jasů jsou opět aplikace na stejných pozicích. Skener QR a čárových kódů měl nejkonzistentnější výsledky, a průměrně také nejlepší. NeoReader se umístil na druhém místě, a Čtečka QR a čárových kódů měla největší problémy.

Při čtení poškozeného kódu dopadla nejlépe Čtečka QR, která dokázala přečíst všechny vzorky. Skener QR a čárových kódů měl problém s jedním, a NeoReader dopadl nejhůř.

Podobně tomu bylo u znečištěného kódu, u kterého Čtečka QR nedokázala přečíst pouze jeden vzorek, na druhém místě je Skener QR a čárových kódů, a NeoReader opět znečištění kódů nezvládl.

Experiment kvality kódu také dopadl průměrně nejhůř, a i když měl NeoReader velmi konzistentní výsledky, celkově se umístil těsně pod Skenerem QR a čárových kódů. Čtečka QR opět dopadla nejhůř.

Ani tentokrát se nenaskytl problém s pohybujícím-se kódem. Tímto experimentem prošly opět všechny aplikace.

Vidíme, že u většiny experimentů má tento telefon průměrně horší výsledky než předchozí telefony. Toto bude nejspíše jeho nízkým rozlišením použitého fotoaparátu.

## 9.2 Provedené experimenty pro průmyslové čtečky

Tato podkapitola obsahuje tabulky výsledků experimentů provedených na průmyslových čtečkách. Každé průmyslové čtečce je věnována podkapitola, která obsahuje tabulku výsledků a následný komentář, který popisuje jednotlivé výsledky dané průmyslové čtečky, a také pomocí těchto výsledků srovnává čtečky mezi sebou.

### 9.2.1 Výsledky experimentů pro Birch BS-111

Výsledky provedených experimentů na průmyslové čtečce Birch BS-111 jsou zaznamenány v následné tabulce 5. Pochopitelně už nemáme různé aplikace jako u mobilních telefonů, a tak jsou ve sloupcích pouze jednotlivé typy testovaných 2D kódů. V řádcích poté klasicky vidíme samotné názvy experimentů.

	Birch BS-111		
	QR	Aztec	DM
Vzdálenost [cm]	84	93	102
Vzdálenost 2 [cm]	78	92	97
Vzdálenost 3 [cm]	70	85	76
Rozměr [cm/modul]	0.028	0.037	0.027
Rozměr 2	0.031	0.037	0.028
Rozměr 3	0.030	0.037	0.027
Jas 5x5	64%	55%	48%
Jas 2 6x6	62%	55%	54%
Jas 3 4x4	60%	55%	52%
Poškození L	☑	☑	☑
Poškození M	☑	x	
Poškození H	☑	☑	
Nečistota	☑	☑	☑
Nečistota 2	☑	☑	☑
Nečistota 3	☑	☑	☑
Rozmazání	530%	500%	710%
Pohyb	☑	☑	☑

Tabulka 5: Tabulka výsledků experimentů pro Birch BS-111

Tato čtečka dokázala číst kódy v maximální dálce zhruba 1 m. Dá se čekat, že v praxi se s ní bude číst v bezprostřední blízkosti, a proto tato malá vzdálenost není překvapivá.

Co se týče rozměru modulů, čtečka si vedla výborně. Její čtecí schopnosti jsou velmi konzistentní, a dosahuje opravdu skvělých výsledků, zejména u QR a Data Matrix kódů. Minimální rozměr u Aztec kódů je větší, ovšem stále značně lepší, než u drtivé většiny kombinací telefonů a aplikací.

U experimentu jasu byly výsledky opět velmi konzistentní, a tak můžeme říct, že maximální jas pro tuto čtečku je zhruba 60 % pro QR kódy, a 50 % pro kódy Aztec a Data Matrix.

U poškození si čtečka opět vedla velmi dobře. Neporadila si pouze s jedním poškozeným vzorkem, a to s kódem Aztec.

Nečistoty kódů zvládla tato čtečka velmi dobře, a dokázala přečíst každý vzorek.

Při čtení rozmazaných kódů čtečka opět měla výborné výsledky. Pod 500 % neklesla u žádného vzorku, a u vzorku Data Matrix dokonce překonala 700 %.

Pohybující-se kód také pro čtečku nebyl problém, a čtečka všechny tři typy kódů při pohybu snadně přečetla.

### 9.2.2 Výsledky experimentů pro Honeywell Granit XP 1990iSR

Výsledky provedených experimentů na průmyslové čtečce Honeywell Granit XP 1990iSR jsou zaznamenány v tabulce 6. Tabulka má stejnou strukturu jako u předchozí čtečky.

	Honeywell Granit XP 1990iSR		
	QR	Aztec	DM
Vzdálenost [cm]	175	210	230
Vzdálenost 2 [cm]	148	163	173
Vzdálenost 3 [cm]	126	133	140
Rozměr [cm/modul]	0.027	0.037	0.027
Rozměr 2	0.027	0.036	0.026
Rozměr 3	0.027	0.034	0.027
Jas 5x5	66%	74%	74%
Jas 2 6x6	68%	69%	74%
Jas 3 4x4	67%	70%	72%
Poškození L	☑	☑	☑
Poškození M	☑	x	
Poškození H	☑	☑	
Nečistota	☑	☑	☑
Nečistota 2	☑	☑	☑
Nečistota 3	☑	☑	☑
Rozmazání	620%	500%	620%
Pohyb	☑	☑	☑

Tabulka 6: Tabulka výsledků experimentů pro Honeywell Granit XP 1990iSR

Čtečka Honeywell Granit si v experimentu vzdálenosti vedla velmi dobře, a čtečku Birch překonala více než dvojnásobně. Nejvzdálenější kód byl přesně ve vzdálenosti 2.3 m.

U čtení malých kódů čtečka překonala předchozí čtečku. Výsledky byly velmi konzistentní, a nárůst opět vidíme u kódu Aztec. Čtečka dokáže číst kódy, jejich rozměr modulu je až 0.27 mm.

U experimentu se zvýšeným jasnem vidíme, že čtečka má opět navrch vůči předchozímu zařízení, a maximální jas zvládá okolo 70 %.

Čtení poškozených kódů dopadlo stejně, jako u čtečky předchozí, a nebylo možné přečíst pouze jeden Aztec vzorek.

Se znečištěnými kódy si čtečka poradila snadně, a zvládla přečíst každý prvek.

V experimentu rozmazání kódu si čtečka vedla u QR kódu lépe, než čtečka Birch, ovšem u Data Matrixu byla zhruba u stejnou hodnotu horší. Při žádném vzorku ovšem nespadla pod 500 %.

Při testování čtení pohybujícího-se kódu opět čtečka neměla žádný problém, a přečetla všechny vzorky.

### 9.2.3 Výsledky experimentů pro CipherLab 2564

Výsledky provedených experimentů na průmyslové čtečce CipherLab 2564 jsou zaznamenány v tabulce 7. Struktura tabulky je stejná jako u předchozích průmyslových čteček.

	CipherLab 2564		
	QR	Aztec	DM
Vzdálenost [cm]	46	48	72
Vzdálenost 2 [cm]	43	43	48
Vzdálenost 3 [cm]	43	41	42
Rozměr [cm/modul]	0.028	0.037	0.028
Rozměr 2	0.029	0.038	0.027
Rozměr 3	0.030	0.037	0.028
Jas 5x5	65%	69%	73%
Jas 2 6x6	72%	68%	70%
Jas 3 4x4	70%	67%	65%
Poškození L	☑	☑	☑
Poškození M	☑	☑	
Poškození H	☑	☑	
Nečistota	x	☑	☑
Nečistota 2	☑	☑	☑
Nečistota 3	☑	☑	☑
Rozmazání	620%	410%	500%
Pohyb	☑	☑	☑

Tabulka 7: Tabulka výsledků experimentů pro CipherLab 2564

Čtečka CipherLab si v experimentu vzdálenosti vedla průměrně hůře, než dvě předchozí čtečky. Toto je ovšem pochopitelné, pokud si uvědomíme, že čtečka je bezdrátová. Toto uživateli umožňuje se ke kódu ve většině případů dostat do bezprostřední blízkosti.

Při čtení malých kódů je čtečka porovnatelná s čtečkou Birch, a výsledky jsou velmi dobré. Opět vidíme mírně vyšší hodnoty u kódů Aztec.

Čtení kódů se zvýšeným jasnem dopadlo také dobře, a čtečka je srovnatelná se čtečkou Honeywell. Maximální jas kódů se pohyboval opět okolo 70 %.

U poškozených kódů čtečka předčila jak čtečku Birch, tak čtečku Honeywell. Poradila si se všemi vzorky.

Na druhou stranu čtečka jako jediná nedokázala přečíst všechny vzorky znečištěných kódů, ovšem neporadila si pouze s jediným QR vzorkem.

V rozmazaných kódech si čtečka vedla dobře, ovšem o něco hůře než předchozí čtečky. Při jednom vzorku klesla pod 500 %.

Při testování čtení kódů v pohybu ani tato čtečka neměla problém, a dokázala přečíst všechny tři typy kódů.

## 10 CELKOVÉ ZHODNOCENÍ A DOPORUČENÍ

Závěrem je nyní zhodnotit jednotlivé mobilní telefony, mobilní aplikace, a průmyslové čtečky dle jejich výsledků v provedených experimentech. Pro toto zhodnocení byla pro oba typy zařízení vytvořena tabulka, která zařízení či mobilní aplikaci dává bodové ohodnocení.

Bodový systém funguje tak, že aplikace či čtečka dostala jeden bod, pokud v daném experimentu byla na daném zařízení nejlepší, půl bodu, pokud se umístila na druhém místě, a nula bodů, pokud v experimentu na zařízení byla poslední. Pokud dvě nebo více aplikací či čteček v experimentu skončilo stejně, byl jim udělen plný počet bodů dle umístění. Pokud tedy např. dvě aplikace skončily na prvním místě, byl oběma udělen jeden bod. Bodové ohodnocení je také vyznačeno barvou, která znázorňuje umístění dané aplikace či čtečky v daném experimentu. Zelená barva je první místo, oranžová barva je místo druhé, a červená barva značí poslední místo.

### 10.1 Zhodnocení mobilních aplikací

Shrnutí a ohodnocení mobilních aplikací, dle popisu na začátku kapitoly 10, je zaznamenáno v tabulce 8.

	Čtečka QR	NeoReader	Skener QR
<b>Vzdálenost</b>	1.5	0	3
<b>Rozměr</b>	1.5	3	0
<b>Jas</b>	0	0	3
<b>Poškození</b>	2	0	2
<b>Nečistota</b>	3	0	1.5
<b>Rozmazání</b>	0	2	2
<b>Pohyb</b>	3	3	3

Tabulka 8: Shrnutí výsledků mobilních telefonů

Vidíme, že aplikace Čtečka QR byla pokaždé nejlepší ve čtení znečištěného kódu, jednou ve čtení poškozeného kódu, a ve stejném experimentu jednou měla stejné výsledky jako Skener QR a čárových kódů. Aplikace NeoReader byla na všech zařízeních nejlepší ve čtení malých kódů, a dvakrát ze tří také zvítězila ve čtení rozmazaných kódů. Aplikace Skener QR a čárových kódů dopadla nejlépe, jelikož zvítězila v experimentech vzdálenosti, zvýšeného jasu, a remízovala ve čtení poškozených kódů. Všechny aplikace dopadly stejně dobře při čtení pohybujícího se kódu.

Průměrně nejlepší aplikace pro čtení 2D kódů je tedy Skener QR a čárových kódů. Tato aplikace funguje velmi dobře ve všech ohledech kromě velmi malého kódu, takto malé kódy ovšem vidíme velmi zřídka. Vedla si velmi dobře u poškozeného a znečištěného kódu, rozmazaného kódu, a byla bezprostředně nejlepší ve čtení z velké vzdálenosti, a čtení kódů s vysokým jasem.

Čtečka QR je střední cesta, která má velmi dobré výsledky ve čtení kódu z velké vzdálenosti, čtení malého kódu, poškozeného kódu, a ve čtení znečištěného kódu je nejlepší. S rozmazanými kódy měla největší problémy. Čtečka ovšem dokáže velmi dobře číst QR kódy s vysokým jasem, u ostatních kódů ovšem v této disciplíně zaostává.

NeoReader dopadl nejhůře, ovšem je to stále velmi dobrá aplikace pro čtení velmi malých kódů, a dobře si také vedla v experimentu rozmazání kódů. Tato aplikace je ovšem velmi špatná ve čtení poškozených kódů, ať už jde o chybějící části, nebo znečištění, a čtení kódů z dálky.

Aplikace jsou tedy rozděleny do kategorií, ve kterých vynikají. Je vidět, že aplikace mezi sebou mají někdy i značné rozdíly, a už je na uživateli, ať vybere aplikaci přesně podle podmínek, ve kterých čte kódy, nebo vezme zlatou střední cestu.

Při porovnání mobilních telefonů vidíme, že nejlepší výsledky má ve většině případů telefon s nejlepším rozlišením fotoaparátu, což byl očekávaný výsledek. Jednou výchytkou byl telefon Huawei Nova 3, který měl problémy se čtením na dálku, když je to rozlišením telefon na druhé přičce. Můžeme tedy konstatovat, že čím lepší rozlišení fotoaparátu, tím lépe bude poté telefon 2D kódy číst.

## 10.2 Zhodnocení průmyslových čteček

Shrnutí a ohodnocení jednotlivých průmyslových čteček, dle popisu na začátku kapitoly 10, jsou zaznamenána v tabulce 9.

	Birch BS-111	Honeywell Granit XP 1990iSR	CipherLab 2564
Vzdálenost	0.5	1	0
Rozměr	0.5	1	0.5
Jas	0.5	1	1
Poškození	1	1	0.5
Nečistota	0.5	0.5	1
Rozmazání	1	1	0.5
Pohyb	1	1	1

Tabulka 9: Porovnání výsledků průmyslových čteček



Vidíme, že výsledky čteček vůči sobě jsou mnohem blíží, než mobilní aplikace. Jejich výsledky si byly velmi podobné, a ve většině experimentů byly rozdíly velmi malé.

V experimentu vzdálenosti zvítězila čtečka Honeywell Granit, ovšem čtečka CipherLab je bezdrátová, a tak při čtení dovoluje větší svobodu a flexibilitu.

Při experimentu rozměru opět zvítězila čtečka Honeywell. Minimální rozměr modulu byl u ní nejnižší, ovšem je nutné říct, že výsledky čteček Birch a CipherLab byly velmi dobré, a rozdíly mezi nimi byly minimální.

Při čtení poškozených kódů měly čtečky Birch a Honeywell navrch, ovšem čtečka CipherLab měla výborné výsledky, a nepodařilo se jí přečíst pouze jeden vzorek. Čtečky si tak opět jsou velmi podobné.

U znečištěného kódu to dopadlo naopak. Čtečka CipherLab neměla problém ani s jedním vzorkem, a čtečky Birch a Honeywell nedokázaly přečíst jeden znečištěný Aztec kód. Čtečky tak dosáhly velmi podobných výsledků.

Rozmazané kódy nejlépe zvládly čtečky Birch a Honeywell, které na tom průměrně byly stejně. Čtečka CipherLab je tak na poslední příčce.

V experimentu s pohybujícím-se kódem rozdíly nebyly, a všechny čtečky zvládly tento experiment bez jakýchkoliv problémů.

Čtečka Honeywell Granit XP 1990iSR je průměrně nejlepší čtečkou v těchto experimentech. Zvládá velmi dobře všechny problémy, které experimenty testovaly. Čtečka je také velmi robustní. Její slabinou je ovšem její váha, která je v porovnání s ostatními čtečkami mnohem vyšší, kabel, který limituje svobodu a flexibilitu pohybu se čtečkou, a také její funkčnosti, či spíše jejich absence.

Čtečka Birch BS-111 je na tom bodově v experimentech stejně jako čtečka CipherLab 2564. Tato čtečka je velmi dobrá ve všech experimentech, které byly provedeny. Stejně jako u čtečky Honeywell, její slabina spočívá v připojení kabelem, a chybějící funkce, které mohou v průmyslovém prostředí být užitečné. Také čtečka umí číst méně typů kódů, než čtečky Honeywell a CipherLab.

Čtečka CipherLab 2564, jak už bylo zmíněno, je bodově stejná jako čtečka Birch BS-111. V experimentech si vedla velmi dobře, a dá se říct, že podmínky, které by byly horší, než při limitech těchto experimentů, se objeví velmi zřídka. Tato čtečka má ovšem značně navrch v jejích funkcích a tzv. quality of life. Čtečka je bezdrátová, a její max. vzdálenost od základny až 100 m umožňuje naprostou svobodu v jejím používání. Čtečka má také

mnoho různých funkcí, ať už přepínání různých typů klávesnic, paměť, množství typů kódů apod. Čtečka je také velmi odolná, a její baterie vydrží až 24 hodin provozu.

Čtečky, jak tyto experimenty dokázaly, je třeba vybírat ne nutně podle čtecích schopností, protože jsou u mnoha čteček velmi podobné, a u všech čteček velmi kvalitní, ale podle ostatních požadavků. Ať už jde o robustnost, přítomnost či absence kabelu, nebo funkce navíc, které používání čtečky zpříjemní.

### 10.3 Porovnání mobilních aplikací a čteček

Dle tabulek 2 až 7 vidíme, že mezi čtečkami a mobilními aplikacemi jsou rozdíly. Jak se asi dalo čekat, profesionální průmyslové čtečky předčily mobilní aplikace v mnoha experimentech.

U experimentu vzdálenosti zvítězily mobilní telefony. Nejvzdálenější kód pro mobilní aplikace byl ve vzdálenosti skoro 5 m, zatímco u čteček 2.7 m.

V experimentech rozměru modulu jasně zvítězily průmyslové čtečky. S konzistentními výsledky okolo  $0.27 \text{ mm}^2$  na modul pro QR kódy, a  $0.37 \text{ mm}^2$  pro kódy Aztec a Data Matrix jasně předčily mobilní aplikace, které se většinou pohybovaly v rozsahu 0.3 až  $0.5 \text{ mm}^2$  pro QR kódy, a 0.4 až  $0.5 \text{ mm}^2$  pro kódy Aztec a Data Matrix.

Při čtení se zvýšeným jasnem byly čtečky, až na čtečku Birch, srovnatelné s mobilnímu aplikacemi, a jejich výsledky byly také velmi konzistentní.

U poškozených kódů byly čtečky opět srovnatelné s mobilními aplikacemi, kdy, až na aplikaci NeoReader, všechny zařízení a aplikace přečetly poškozené kódy všechny, nebo měly problém pouze u jednoho vzorku.

Experiment se znečištěnými kódy jasně spadá pod průmyslové čtečky, které vždy přečetly všechny vzorky, s výjimkou jednoho vzorku kódu QR u jedné čtečky. Mobilní aplikace tento experiment zvládaly značně hůře.

Čtení rozmazaných kódů je další výhrou pro průmyslové čtečky, které měly průměrně značně vyšší hodnoty, než mobilní aplikace.

Co se týče pohybujícího se kódu, mobilní aplikace i čtečky si vedly velmi dobře, a všechny tento experiment vždy zvládly. Je ovšem jasné, že čtečky kódy vždy mohou číst kontinuálně a velmi rychle v porovnání s aplikacemi.

## 10.4 Obecné doporučení pro čtení 2D kódů

Z výsledků experimentů, a porovnání jednotlivých aplikací či zařízení, nyní může být formulováno jakési obecné doporučení pro čtení dvourozměrných kódů v praxi.

Ukázalo se, že mobilní telefony a jejich aplikace sice nejsou na úrovni průmyslových čteček, co se čtení 2D kódů týče, ale vedou si velmi dobře, a jejich čtecí schopnosti se rozhodně nedají považovat za špatné. Co se tedy týče mainstreamového čtení 2D kódů, např. skenování reklamních či informačních kódů, faktur apod., mobilní telefony s aplikacemi jsou více než dostačující. Jejich schopnost čtení v různých podmínkách sice nemusí být až tak konzistentní, nebo se může drasticky lišit s různými aplikacemi, ovšem výběrem správné aplikace pro daný účel, jako například Skener QR pro čtení vzdálených kódů, či NeoReader pro čtení malých kódů, stále dosáhneme velmi dobrého výsledku, a v těchto případech možná nutnost manipulace se čtecím zařízením, nebo opakované pokusy o přečtení, není velkým problémem. Dá se konstatovat, že mobilní telefony bohatě vystačí i v profesní oblasti, ve které 2D kódy nehrají až tak velkou roli, a není třeba identifikace velkého množství kódů v malém časovém úseku, jako například ve zdravotnictví, kde se tyto kódy mohou využívat pro identifikaci pacienta, či zobrazení informací o něm. Mobilní aplikace jsou také velmi dobré ve čtení kódů z velké dálky, takže například čtení kódů ve skladu s vysokými regály je tím správným úkolem pro mobilní telefon. Moderní telefony jsou také poměrně křehké, takže se nedoporučuje je používat v prostředí, které by pro ně mohlo být ničivé, a pokud ano, je nutno vybrat mobilní telefon, který je k tomuto určený.

Pokud je ovšem ve čtení kódů nutná maximální efektivita a spolehlivost, je třeba investovat do průmyslových čteček. V určitých oblastech si uživatel nemůže dovolit nekonzistentní nebo chybné čtení, či pochybné čtení většího množství kódů v malém časovém úseku. Průmyslové čtečky jsou tedy doporučeny tam, kde je vyžadována maximální spolehlivost na čtení, čtení mnoha kódů v malém časovém úseku, čtení velmi malých kódů, poškozených kódů, nebo čtení konstantně se pohybujících kódů. Průmyslové čtečky by se také měly použít v prostředí, které mobilní telefony fyzicky nezvládnou. Abnormální pracovní teploty, vlhkost, vysoké množství prachu či špíny, či možné nárazy, pády, nebo otřesy, jsou negativa, která průmyslové čtečky hravě zvládnou. S poměrně velkou diverzitou čteček si také uživatel může vybrat čtečku přesně na míru dle jeho pracovního prostředí, ať už se jedná o typy čtených kódů, robustnost, typ přenosu dat apod.

## ZÁVĚR

Tato bakalářská práce se zabývala problematikou dvourozměrných kódů a jejich využití v praxi. Zaměřila se jak na využití těchto kódů v průmyslové oblasti, kvůli které byly vytvořeny, tak v každodenním životě, a oblastí finančních, státních, či jiných, do kterých se díky své využitelnosti dostaly.

Teoretická část této práce nastínila historii jednorozměrných kódů, jelikož vznik těchto kódů umožnil pozdější vznik 2D kódů, a také historii samotných 2D kódů. Práce popsala dvourozměrné kódy, jejich principy, charakteristiky a funkce, díky kterým fungují. Zabývala se jejich základy, unikátními či neunikátními prvky, nebo korekcí chyb. Práce také popsala různé typy dvourozměrných kódů, a třem kódům, QR kódu, Aztec kódu a Data Matrix kódu, se věnovala více. U těchto kódů byly konkrétněji popsán jejich vznik, původní účel, schopnosti a metody kódování dat či korekce poškozených dat. Rešerše také přinesla informace o využití těchto kódů v praxi. Práce popsala na různých příkladech jak se tyto kódy využívají v každodenním životě, v obchodech, restauracích, dopravě apod., a také vysvětlila jejich využití v průmyslové oblasti, konkrétně v oblastech distribuce, výroby a skladování. V závěru této části práce byla provedena rešerše na mobilní aplikace pro čtení dvourozměrných kódů, ve které byly vyzdviženy charakteristiky, a výhody či nevýhody jednotlivých aplikací.

Praktická část bakalářské práce byla dedikována samotnému čtení dvourozměrných kódů v praxi. Popisuje jednotlivá zařízení, které v ní byly použita, přesněji mobilní telefony Huawei Nova 3, Xiaomi Redmi Note 7, a Samsung Galaxy A40, a také průmyslové čtečky Birch BS-111, Honeywell Granit XP 1990iSR, a CipherLab 2564. Tato část také popsala jednotlivé experimenty, na kterých se zařízení testovala. Experimenty byly provedeny na všech zařízeních, a jejich výsledky byly dokumentovány do tabulek. Tyto tabulky byly následně v práci popsány a zhodnoceny. Výsledky experimentů v tabulkách byly následně využity pro porovnání jednotlivých mobilních aplikací a průmyslových čteček, a následné vyvození závěrů, limitů jednotlivých zařízení či aplikací, a doporučení týkajících se čtení dvourozměrných kódů v praxi.

Tato práce tak splnila všechny cíle, které byly ze začátku stanoveny. Obecně přiblížila problematiku dvourozměrných kódů, a čtenáři pomohla pochopit jejich účel, princip, či využití v různých profesních oblastech dnešního moderního světa. Pomocí experimentů vyvodila doporučení, které mohou být využity jako výchozí bod pro různá rozhodnutí v oblasti čtení dvourozměrných kódů.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] FISHMAN, Charles, 2001. The Killer App - Bar None. *American Way*. 2001.
- [2] David Collins, SM '59 - Making his mark on the world with bar codes. *Technology Review* [online]. [cit. 2022-02-07]. Dostupné z: <https://www.technologyreview.com/2015/10/20/165688/david-collins-sm-59/>
- [3] WORLD HAILS BARCODE ON IMPORTANT BIRTHDAY. *ATN* [online]. [cit. 2022-02-07]. Dostupné z: <https://www.fullyloaded.com.au/logistics-news/1407/world-hails-barcode-on-important-birthday>
- [4] RIZWAN, Zara, 2016. QR Code History: Evolution of the popular 2D Barcode. *Scanova Blog* [online]. [cit. 2022-02-07]. Dostupné z: <https://scanova.io/blog/blog/2016/07/26/qr-code-history/>
- [5] *A Guide to 2D Codes* [online]. [cit. 2022-02-08]. Dostupné z: [http://www.harford-control.com/wp-content/uploads/2018/01/2D-Code-Guide.pdf?utm\\_source=website&utm\\_medium=link](http://www.harford-control.com/wp-content/uploads/2018/01/2D-Code-Guide.pdf?utm_source=website&utm_medium=link)
- [6] Error correction feature. *QR code.com* [online]. [cit. 2022-02-08]. Dostupné z: [https://www.qrcode.com/en/about/error\\_correction.html](https://www.qrcode.com/en/about/error_correction.html)
- [7] Information capacity and versions of the QR Code. *QR code.com* [online]. [cit. 2022-02-08]. Dostupné z: <https://www.qrcode.com/en/about/version.html>
- [8] LONGACRE, Andrew a Rob HUSSEY, 1995. *Two dimensional data encoding structure and symbology for use with optical readers*. Spojené státy americké. Uděleno 1997. Zapsáno 1995.
- [9] Barcode Guide. *BarTender* [online]. Seagull Scientific [cit. 2022-02-09]. Dostupné z: [https://barcodeguide.seagullscientific.com/content/Symbologies/Aztec\\_Code.htm](https://barcodeguide.seagullscientific.com/content/Symbologies/Aztec_Code.htm)
- [10] How to Decode the Aztec Code. *YouTube* [online]. [cit. 2022-02-09]. Dostupné z: [https://www.youtube.com/watch?v=xtlqYx6e1TE&ab\\_channel=Pillazo](https://www.youtube.com/watch?v=xtlqYx6e1TE&ab_channel=Pillazo)
- [11] Data Matrix Barcode. *Jolly Tech* [online]. [cit. 2022-02-10]. Dostupné z: <https://web.archive.org/web/20170914052646/http://www.jollytech.com/technologies/barcode-symbologies/data-matrix-barcode.php>
- [12] TREMBLAY, Keven. DATA MATRIX CODES VS. QR CODES – WHAT IS THE DIFFERENCE?. *Laserax* [online]. [cit. 2022-02-10]. Dostupné z: <https://www.laserax.com/blog/data-matrix-vs-qr-codes>

- [13] HOLZMAN, Ondřej. Český startup Qerko dobývá restaurace s QR kódy. Placení by mělo být neviditelné, říká Lukáš Kovač. *Czech Crunch* [online]. [cit. 2022-02-15]. Dostupné z: <https://cc.cz/cesky-startup-querko-dobyva-restaurace-s-qr-kody-placeni-by-melo-byt-neviditelne-rika-lukas-kovac/>
- [14] Projekt 2D kódů na jízdenkách ČD bodoval v soutěži „IT projekt roku 2012“, 2008. *České dráhy* [online]. [cit. 2022-02-15]. Dostupné z: <http://www.ceskedrahy.cz/tiskove-centrum/tiskove-zpravy/-16146/>
- [15] BeeTagg. *Second Wiki* [online]. [cit. 2022-02-25]. Dostupné z: <https://second.wiki/wiki/beetagg>
- [16] KOTON, J., P. ČÍKA a V. KŘIVÁNEK. *Samoopravné Reed-Solomonovy kódy* [online]. [cit. 2022-02-26]. Dostupné z: <http://access.fel.cvut.cz/view.php?cisloclanku=2006080002>
- [17] *Využití 2D kódů v běžné praxi*, 2016. Zlín. Bakalářská práce. UTB ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky.
- [18] 10 amazing uses of QR Codes in industry that you may never have guessed. *Qryptal* [online]. [cit. 2022-02-28]. Dostupné z: <https://www.qryptal.com/blog/10-amazing-uses-of-qr-codes-in-industry-that-you-may-never-guessed/>
- [19] URBAN, Petr. Tip: Usnadněte si placení faktur. Naskenujte mobilem kód QR. *Cnews* [online]. [cit. 2022-02-28]. Dostupné z: <https://www.cnews.cz/tip-usnadnete-si-placeni-faktur-naskenujte-mobilem-kod-qr/>
- [20] EWELL, Barry J. 21 Interesting Facts About Barcode Scanners That Will Help Your Business. *Honeywell* [online]. [cit. 2022-03-07]. Dostupné z: <https://sps.honeywell.com/us/en/support/blog/productivity/interesting-facts-about-barcode-scanners>
- [21] Huawei Nova 3. *GSMarena* [online]. [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: [https://www.gsmarena.com/xiaomi\\_redmi\\_note\\_7-9513.php](https://www.gsmarena.com/xiaomi_redmi_note_7-9513.php)
- [22] Xiaomi Redmi Note 7. *GSMarena* [online]. [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: [https://www.gsmarena.com/xiaomi\\_redmi\\_note\\_7-9513.php](https://www.gsmarena.com/xiaomi_redmi_note_7-9513.php)
- [23] Samsung Galaxy A40. *GSMarena* [online]. [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: [https://www.gsmarena.com/samsung\\_galaxy\\_a40-9642.php](https://www.gsmarena.com/samsung_galaxy_a40-9642.php)
- [24] Birch BS-111 Ruční čtečka 1D a 2D čárových kódů, USB, černá. *Codeware* [online]. [cit. 2022-05-07]. Dostupné z: <https://www.codeware.cz/items/>

rucni\_15443442/birch-bs-111-rucni-ctecka-1d-a-2d-carovych-kodu-usb-  
cerna\_a\_BI-BS-111-BU.html?tab=popis&filtr=%7B%22features%22%3A%5B  
%22D-CODE%22%5D%2C%22catid%22%3A15443442%7D&eshopMenu-0-  
cat=15443442&eshopMenu-1-cat=15443442&do=tab

- [25] Honeywell Granit XP 1990iSR - průmyslová čtečka čárových a 2D kódů, DPM, SR (Standard Range), USB. *Codeware* [online]. [cit. 2022-05-07]. Dostupné z: [https://www.codeware.cz/items/rucni\\_15443442/honeywell-granit-xp-1990isr-prumyslova-ctecka-carovych-a-2d-kodu-dpm-sr-standard-range-usb\\_a\\_1990ISR-USB.html?eshopMenu-0-cat=15443442&eshopMenu-1-cat=15443442](https://www.codeware.cz/items/rucni_15443442/honeywell-granit-xp-1990isr-prumyslova-ctecka-carovych-a-2d-kodu-dpm-sr-standard-range-usb_a_1990ISR-USB.html?eshopMenu-0-cat=15443442&eshopMenu-1-cat=15443442)
- [26] CipherLab 2564 bezdrátová čtečka 2D a QR kódů, DPM, Bluetooth, černá se závěsným poutkem, USB Kit. *Codeware* [online]. [cit. 2022-05-07]. Dostupné z: [https://www.codeware.cz/items/rucni\\_15443442/cipherlab-2564-bezdratova-ctecka-2d-a-qr-kodu-dpm-bluetooth-cerna-se-zavesnym-poutkem-usb-kit\\_a\\_A2564DPSET-PUB.html?filtr=%7B%22features%22%3A%5B%22D-CODE%22%5D%2C%22catid%22%3A15443442%7D&eshopMenu-0-cat=15443442&eshopMenu-1-cat=15443442](https://www.codeware.cz/items/rucni_15443442/cipherlab-2564-bezdratova-ctecka-2d-a-qr-kodu-dpm-bluetooth-cerna-se-zavesnym-poutkem-usb-kit_a_A2564DPSET-PUB.html?filtr=%7B%22features%22%3A%5B%22D-CODE%22%5D%2C%22catid%22%3A15443442%7D&eshopMenu-0-cat=15443442&eshopMenu-1-cat=15443442)
- [27] O nás. *Codeware* [online]. [cit. 2022-05-07]. Dostupné z: <https://www.codeware.cz/text/profil-firmy>
- [28] Brands / Manufacturers. *Barcode Technologies* [online]. [cit. 2022-05-07]. Dostupné z: <https://www.barcode-uk.com/brands/>
- [29] WOLENHAUPT, Gary. Wearable Barcode Scanner Delivers Transportation Efficiency. *Insights Samsung* [online]. [cit. 2022-05-07]. Dostupné z: <https://insights.samsung.com/2015/09/30/wearable-barcode-scanner-delivers-transportation-efficiency/>
- [30] Zebra LI3678 Barcode Reader. *Techinn* [online]. [cit. 2022-05-07]. Dostupné z: <https://www.tradeinn.com/techinn/en/zebra-li3678-barcode-reader/138242142/p>
- [31] Automatic USB Laser Barcode Scanner. *Indiamart* [online]. [cit. 2022-05-07]. Dostupné z: <https://www.indiamart.com/proddetail/automatic-usb-laser-barcode-scanner-14011693697.html>
- [32] Five Things to Know Before Choosing an Embedded Data Acquisition Device. *Association for Advancing Automation* [online]. [cit. 2022-05-08]. Dostupné z: <https://www.automate.org/tech-papers/five-things-to-know-before-choosing-an-embedded-data-acquisition-device>

- [33] Od dneška do neděle nemohou lidé žádat o občanské průkazy ani pasy. In: *České noviny* [online]. [cit. 2022-05-08]. Dostupné z: <https://www.ceskenoviny.cz/zpravy/od-dneska-do-nedele-nemohou-lide-zadat-o-obcanske-prukazy-ani-pasy/2069858>
- [34] Samsung Galaxy A40, 4GB/64GB, Orange. *MALL.CZ* [online]. [cit. 2022-05-08]. Dostupné z: <https://www.mall.cz/mobilni-telefony/samsung-galaxy-a40-4-gb64-gb-orange>
- [35] Huawei Nova 3 Dual SIM. *Heureka* [online]. [cit. 2022-05-08]. Dostupné z: <https://mobilni-telefony.heureka.cz/huawei-nova-3-dual-sim/#prehled/>
- [36] Xiaomi Redmi Note 7. *Zboží.cz* [online]. [cit. 2022-05-08]. Dostupné z: <https://www.zbozi.cz/vyrobek/xiaomi-redmi-note-7/?varianta=64-gb-modry>
- [37] FX-8350 (Vishera): vrátí osm jader Piledriveru na 4 GHz AMD do hry?. *Cnews.cz* [online]. [cit. 2022-05-08]. Dostupné z: <https://www.cnews.cz/fx-8350-vishera-vrati-osm-jader-piledriveru-na-4-ghz-amd-do-hry/>
- [38] Aztec Code - Dynamsoft Barcode Reader SDK. *Dynamsoft* [online]. [cit. 2022-05-08]. Dostupné z: <https://www.dynamsoft.com/barcode-reader/barcode-types/Aztec-Code/>
- [39] VARCHAVER, Nicholas. Scanning the Globe The humble bar code began as an object of suspicion and grew into a cultural icon. Today it's deep in the heart of the FORTUNE 500. *CNN Money* [online]. [cit. 2022-05-09]. Dostupné z: [https://money.cnn.com/magazines/fortune/fortune\\_archive/2004/05/31/370719/index.htm](https://money.cnn.com/magazines/fortune/fortune_archive/2004/05/31/370719/index.htm)
- [40] Anatomy of QR Code. *Life of an Architect* [online]. [cit. 2022-05-09]. Dostupné z: <https://www.lifeofanarchitect.com/the-greatness-of-qr-codes/anatomy-of-qr-code/>
- [41] The Use Of QR Codes In Manufacturing. *REWO* [online]. [cit. 2022-05-09]. Dostupné z: <https://www.rewo.io/the-use-of-qr-codes-in-manufacturing/>
- [42] QR Code manufacturing. *AllGeo* [online]. [cit. 2022-05-09]. Dostupné z: <https://www.allgeo.com/using-qr-codes-in-manufacturing>
- [43] *TEC-IT* [online]. TEC-IT Datenverarbeitung [cit. 2022-05-13]. Dostupné z: <https://barcode.tec-it.com/en>
- [44] Aztec code generator. *Free barcode generator* [online]. [cit. 2022-05-13]. Dostupné z: <https://www.free-barcode-generator.net/aztec/#az-text>



- [45] ERKAN, Kerem. QR Code and 2D Code Generator. *Kerem Erkan* [online]. [cit. 2022-05-13]. Dostupné z: <https://keremerkan.net/qr-code-and-2d-code-generator/>

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

1D	Jednorozměrný
2D	Dvourozměrný
NAFC	National Association of Food Chains (americká asociace pro potravinářské řetězce)
RCA	Radio Corporation of America
IBM	International Business Machines Corporation
GIMP	GNU Image Manipulation Program (softwarový grafický editor)
QR	Quick Response (kód)
PDF	Portable Document Format (souborový formát)
HCCB	High Capacity Color Barcode
BCH	Bose-Chaudhuri-Hocquenghem (kódy pro korekci chyb)
ECC	Error Correction Code
DB	Deutsche Bahn AG (německé dráhy)
ÖBB	Österreichische Bundesbahnen (rakouské dráhy)
ZSSK	Železničná spoločnosť Slovensko, a.s.
ČD	České dráhy, a.s.
JPG	Joint Photographic Experts Group (obrázkový souborový formát)
PNG	Portable Network Graphics (obrázkový souborový formát)
UI	User Interface (uživatelské rozhraní)
UPC	Universal Product Code
Kč	Koruny české
Mpix	Megapixel (rozlišení fotoaparátu)
GB	Gigabajt
microSD	Micro Secure Digital (výměnná paměťová karta)
ppi	Pixels-per-inch (hustota pixelů na displeji)
IPS LED	In-Plane Switching Light-Emitting Diode (technologie displeje)
RGB	Red-Green-Blue (barevný model)
mAh	Mili-ampér-hodina (jednotka kapacity baterie)
PDAF	Phase Detection Autofocus (technologie automatického ostření fotoaparátu)
RFID	Radio Frequency Identification (technologie automatické identifikace)
DPM	Direct Part Mark

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 1. Moderní čárový kód.....	12
Obrázek 2: Code 49 vytvořen Davidem Allaisem [4].....	12
Obrázek 3: Kontrast barev v 2D kódu [5].....	15
Obrázek 4: Tichá zóna a modul Data Matrix kódu [5].....	15
Obrázek 5: Přenášený blok zprávy [16].....	16
Obrázek 6: Postup dekódování [16].....	16
Obrázek 7: Struktura QR kódu [40].....	17
Obrázek 8: Příklad QR kódu.....	17
Obrázek 9: Struktura Aztec kódu [38].....	18
Obrázek 10: Příklad Aztec kódu z jízdenky IDOS.cz.....	18
Obrázek 11: Příklad kódu Data Matrix.....	19
Obrázek 12: Data Matrix na procesoru AMD FX-8350 [37].....	19
Obrázek 13: Qerko QR kód na restauračním stole [13].....	21
Obrázek 14: Jízdenka Českých drah v aplikaci IDOS.cz s Aztec kódem.....	22
Obrázek 15: Vzor občanského průkazu ČR s kódem PDF 417 [33].....	23
Obrázek 16: Faktura s možností platby QR kódem [19].....	23
Obrázek 17: Čtečka připevněna na stroji [32].....	24
Obrázek 18: Data Matrix na krabičce od léků.....	24
Obrázek 19: UI pro vytvoření kódu.....	27
Obrázek 20: Základní UI aplikace.....	27
Obrázek 21: Základní UI aplikace.....	28
Obrázek 22: Manuální zadání 1D kódu.....	28
Obrázek 23: Záložka pro soc. síť.....	28
Obrázek 24: Základní UI aplikace.....	29
Obrázek 25: Tvoření kódů v aplikaci.....	29
Obrázek 26: Vysouvací menu aplikace.....	29
Obrázek 27: Čtečka 1D kódů [31].....	30
Obrázek 28: Robustní čtečka Zebra [30].....	31
Obrázek 29: Nositelná čtečka kódů [29].....	31
Obrázek 30: Huawei Nova 3 [35].....	36
Obrázek 31: Xiaomi Redmi Note 7 [36].....	37
Obrázek 32: Samsung Galaxy A40 [34].....	38
Obrázek 33: Čtečka Birch BS-111 [24].....	41

---

Obrázek 34: Čtečka Honeywell Granit XP 1990iSR [25].....	42
Obrázek 35: Čtečka CipherLab 2564 [26].....	43
Obrázek 36: Kódy použité pro experiment vzdálenosti.....	45
Obrázek 37: Příklady kombinací kódů a jasu.....	46
Obrázek 38: Poškozené kódy.....	47
Obrázek 39: Znečištěné kódy.....	48
Obrázek 40: Příklady kódů s různou kvalitou.....	49

**SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1: Tabulka porovnání parametrů telefonů.....	38
Tabulka 2: Tabulka výsledků experimentů pro Huawei Nova 3.....	52
Tabulka 3: Tabulka výsledků experimentů pro Xiaomi Redmi Note 7.....	54
Tabulka 4: Tabulka výsledků experimentů pro Samsung Galaxy A40.....	56
Tabulka 5: Tabulka výsledků experimentů pro Birch BS-111.....	58
Tabulka 6: Tabulka výsledků experimentů pro Honeywell Granit XP 1990iSR.....	59
Tabulka 7: Tabulka výsledků experimentů pro CipherLab 2564.....	61
Tabulka 8: Shrnutí výsledků mobilních telefonů.....	63
Tabulka 9: Porovnání výsledků průmyslových čteček.....	64