



## Zadání bakalářské práce

<b>Název:</b>	Analýza a návrh rozšíření Moodle o funkci automatizovaného testování
<b>Student:</b>	Albert Švehla
<b>Vedoucí:</b>	Ing. Lukáš Zoubek
<b>Studijní program:</b>	Informatika
<b>Obor / specializace:</b>	Informační systémy a management
<b>Katedra:</b>	Katedra softwarového inženýrství
<b>Platnost zadání:</b>	do konce letního semestru 2022/2023

### Pokyny pro vypracování

Cílem práce je analyzovat a navrhnout rozšíření informačního systému Moodle schopné vygenerovat a automatizovaně vyhodnotit testy v papírové podobě.

1. Analyzujte systém Moodle a jeho možnosti rozšíření o automatizované testování papírových testů.
2. Analyzujte dostupné technologie pro generování a automatizované vyhodnocování papírových testů.
3. Navrhněte způsoby implementace této funkcionality do systému Moodle, zohledněte existující řešení.
4. Jako jeden ze způsobů implementace zvolte vlastní Moodle plugin nebo vlastní webovou aplikaci napojenou na API Moodle, tuto variantu implementujte do stavu „Proof of concept“.
5. Porovnejte jednotlivé varianty implementace z hlediska finančních nákladů, ale i benefitů jednotlivých řešení.

–

- 1) Doğançan Ülker, Y. Y.: Learning Management Systems and Comparison of Open Source Learning Management Systems and Proprietary Learning Management Systems Journal of Systems Integration, ročník 7, č. 2, 2016, ISSN 1804-2724, doi:<http://dx.doi.org/10.20470/jsi.v7i2.255>
  - 2) Jurubescu, T.: Learning Content Management Systems. Informatica Economica Journal, ročník 12, č. 4, 2008.
  - 3) Saengtongsrikamon, C.; Meesad, P.; Sodsee, S.: Scanner-based optical mark recognition. Information Technology Journal, ročník 5, č. 1, 2009
  - 4) Kasim, N. N. M.; Khalid, F.: Choosing the Right Learning Management System (LMS) for the Higher Education Institution Context: A Systematic Review. International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET), ročník 11, č. 6, 2016, ISSN 1863-0383, doi:<http://dx.doi.org/10.3991/ijet.v11i06.5644>
-





**FAKULTA  
INFORMAČNÍCH  
TECHNOLGIÍ  
ČVUT V PRAZE**

Bakalářská práce

## **Analýza a návrh rozšíření Moodle o funkci automatizovaného testování**

*Albert Švehla*

Katedra softwarového inženýrství  
Vedoucí práce: Ing. Lukáš Zoubek

13. května 2021



---

## Poděkování

V první řadě bych rád poděkoval vedoucímu práce Ing. Lukáši Zoubkovi za trpělivost a věcné rady. Dále děkuji všem členům Centra znalostního managementu, kteří přispěli ke vzniku této práce sdělením svých zkušeností nebo svou účastí na uživatelském testování. Mé poděkování patří také mé rodině a přátelům za jejich neutuchající podporu nejen v průběhu tvorby této práce.



---

# Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Beru na vědomí, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorského zákona, ve znění pozdějších předpisů. V souladu s ust. § 2373 odst. 2 zákona č. 89/2012 Sb., občanský zákoník, ve znění pozdějších předpisů, tímto uděluji nevýhradní oprávnění (licenci) k užití této mojí práce, a to včetně všech počítačových programů, jež jsou její součástí či přílohou a veškeré jejich dokumentace (dále souhrnně jen „Dílo“), a to všem osobám, které si přejí Dílo užít. Tyto osoby jsou oprávněny Dílo užít jakýmkoli způsobem, který nesnižuje hodnotu Díla, avšak pouze k nevýdělečným účelům. Toto oprávnění je časově, teritoriálně i množstevně neomezené.

V Praze dne 13. května 2021

.....

České vysoké učení technické v Praze  
Fakulta informačních technologií

© 2021 Albert Švehla. Všechna práva vyhrazena.

*Tato práce vznikla jako školní dílo na Českém vysokém učení technickém v Praze, Fakultě informačních technologií. Práce je chráněna právními předpisy a mezinárodními úmluvami o právu autorském a právech souvisejících s právem autorským. K jejímu užití, s výjimkou bezúplatných zákonných licencí a nad rámec oprávnění uvedených v Prohlášení na předchozí straně, je nezbytný souhlas autora.*

### **Odkaz na tuto práci**

Švehla, Albert. *Analýza a návrh rozšíření Moodle o funkci automatizovaného testování*. Bakalářská práce. Praha: České vysoké učení technické v Praze, Fakulta informačních technologií, 2021.



---

# Abstrakt

Práce pojednává o možnostech rozšíření systému Moodle o funkci generování a automatizovaného testování papírových testů. Analytická část popisuje vlastnosti systému Moodle a zabývá se rešerší dostupných technologií. Dále specifikuje požadavky na hledané rozšíření a navrhuje varianty řešení. Práce poté uvádí podrobný popis návrhu rozšíření ve formě webové aplikace a implementace jeho prototypu. Závěrečná část je věnována podrobnému srovnání uvažovaných variant řešení.

**Klíčová slova** LMS, LCMS, OMR, Moodle, offline test, SDAPS, Offline quiz

---

# Abstract

This thesis describes the possibilities of extending the Moodle system with the function for generating and evaluating paper-based exam forms. The analytical part describes features of the Moodle system and currently available technologies. It also specifies the requirements for the extension and proposes solution variants. The thesis then focuses on a detailed description of the web application extension design and the implementation of its prototype. The final part is devoted to a detailed comparison of the considered solution variants.

**Keywords** LMS, LCMS, OMR, Moodle, offline test, SDAPS, Offline quiz

---

# Obsah

Úvod	1
Cíl práce . . . . .	1
Struktura práce . . . . .	2
<b>1 Analýza</b>	<b>3</b>
1.1 E-learning . . . . .	3
1.2 Systémy pro správu výuky . . . . .	3
1.2.1 Systém pro správu výuky . . . . .	3
1.2.2 Systém pro správu obsahu . . . . .	4
1.2.3 Systém pro správu výuky a obsahu . . . . .	4
1.2.4 Vlastnosti efektivního systému pro správu výuky . . . . .	4
1.2.5 Komerční a Open Source systémy . . . . .	5
1.3 Moodle . . . . .	5
1.3.1 Obecné informace . . . . .	5
1.3.2 Architektura . . . . .	6
1.3.2.1 Jádru . . . . .	6
1.3.2.2 Typy rozšíření . . . . .	6
1.3.2.3 Databáze . . . . .	7
1.3.3 Možnosti online testu . . . . .	7
1.3.4 Tvorba nových rozšíření . . . . .	7
1.3.4.1 Proces přidání rozšíření do oficiálního katalogu . . . . .	7
1.3.5 Offline Quiz . . . . .	8
1.3.5.1 Životní cyklus offline kvízu . . . . .	8
1.3.5.2 Požadavky a instalace . . . . .	9
1.3.5.3 Způsob identifikace . . . . .	9
1.3.5.4 Uživatelské rozhraní . . . . .	9
1.4 Technologie pro generování a automatizované vyhodnocování papírových testů . . . . .	9
1.4.1 Volně dostupné softwary OMR . . . . .	10

1.4.1.1	SDAPS . . . . .	10
1.4.1.2	AMC . . . . .	13
1.4.1.3	Typy uspořádání OMR testů . . . . .	13
1.4.2	Placené OMR softwary . . . . .	13
1.4.3	Software využívaný na fakultě elektrotechnické . . . . .	14
1.4.3.1	Popis funkce . . . . .	15
1.5	Analýza uživatelských požadavků . . . . .	15
1.5.1	Základní business požadavek . . . . .	16
1.5.2	FURPS+ . . . . .	16
1.5.2.1	Funkčnost . . . . .	16
1.5.2.2	Použitelnost . . . . .	16
1.5.2.3	Spolehlivost a výkon . . . . .	16
1.5.2.4	Podpora a rozšiřitelnost . . . . .	17
1.5.2.5	Bezpečnost . . . . .	17
1.5.3	Funkční požadavky . . . . .	17
1.5.4	Nefunkční požadavky . . . . .	19
1.5.5	Uživatelé . . . . .	20
1.5.6	Uživatelské scénáře . . . . .	20
1.6	Návrh řešení . . . . .	22
1.6.1	Identifikované varianty řešení . . . . .	22
1.6.2	Posouzení variant řešení na základě požadavků . . . . .	22
1.6.2.1	Kompatibilita s nefunkčními požadavky . . . . .	22
1.6.2.2	Kompatibilita s funkčními požadavky . . . . .	23
1.6.3	Důvody pro zamítnutí varianty s komerčním softwarem . . . . .	24
1.7	Shrnutí analytické části . . . . .	24
<b>2</b>	<b>Návrh vlastního řešení</b>	<b>25</b>
2.1	Architektura . . . . .	25
2.1.1	Technologie . . . . .	26
2.1.1.1	Vue.js . . . . .	26
2.1.1.2	Volba OMR Software . . . . .	26
2.1.1.3	Flask . . . . .	27
2.1.2	Logika serverové části aplikace . . . . .	27
2.1.2.1	Doménový model . . . . .	27
2.1.2.2	Uchování dat . . . . .	29
2.1.2.3	Návrhový model tříd . . . . .	29
2.1.3	Aplikační rozhraní . . . . .	29
2.1.3.1	Klient-Server . . . . .	30
2.1.3.2	Klient-Moodle . . . . .	30
2.2	Uživatelské rozhraní . . . . .	30
2.2.1	Moodle . . . . .	30
2.2.1.1	Funkční změny . . . . .	30
2.2.1.2	Změny aplikačního rozhraní . . . . .	31
2.2.2	Klientská část aplikace . . . . .	31

<b>3 Implementace prototypu</b>	<b>33</b>
3.1 Stav prototypu . . . . .	33
3.1.1 Serverová část aplikace . . . . .	33
3.1.1.1 Instalace . . . . .	34
3.1.2 Klientská část aplikace . . . . .	34
3.1.2.1 Instalace . . . . .	35
3.1.3 Použité nástroje . . . . .	35
3.2 Uživatelské testování . . . . .	35
3.3 Rozšiřitelnost . . . . .	36
<b>4 Srovnání uvažovaných variant</b>	<b>37</b>
4.1 Testování uživatelské přívětivosti . . . . .	37
4.1.1 Metodika testování . . . . .	37
4.1.2 Průměrně dosažené hodnocení . . . . .	37
4.1.3 Zhodnocení výsledků . . . . .	38
4.2 Finanční analýza . . . . .	39
4.2.1 Metodika tvorby odhadu . . . . .	39
4.2.2 Offline quiz . . . . .	39
4.2.3 Prototyp webové aplikace . . . . .	40
4.3 Vyhodnocení . . . . .	40
4.3.1 Souhrn . . . . .	43
<b>Závěr</b>	<b>45</b>
<b>Literatura</b>	<b>47</b>
<b>A Seznam použitých pojmů a zkratk</b>	<b>53</b>
<b>B Obsah příloženého CD</b>	<b>55</b>
<b>C Uchování dat webové aplikace</b>	<b>57</b>
C.1 Databázový model . . . . .	57
C.2 Adresář SDAPS . . . . .	59
<b>D Architektura prototypu</b>	<b>61</b>
D.1 Klientská část aplikace . . . . .	61
D.2 Serverová část aplikace . . . . .	61
D.2.1 Balík služeb . . . . .	62
D.2.2 Aplikační rozhraní . . . . .	64
<b>E Snímky obrazovek</b>	<b>65</b>
<b>F Případy užití</b>	<b>77</b>
F.1 S1 – Vytvoření offline testu . . . . .	77
F.2 S2 – Vyhodnocení vyplněných testů . . . . .	79

F.3	S3 – Zobrazení výsledku testu z pohledu studenta . . . . .	81
<b>G</b>	<b>Výsledky uživatelského testování</b>	<b>83</b>
G.1	Participant 1 . . . . .	83
G.2	Participant 2 . . . . .	84
G.3	Participant 3 . . . . .	85
G.4	Participant 4 . . . . .	87
G.5	Hodnocení aplikací . . . . .	89

---

## Seznam obrázků

1.1	Offline quiz – Ukázka části odpovědního archu . . . . .	8
1.2	Offline quiz – Grafický editor oprav . . . . .	10
1.3	SDAPS – ukázka grafického rozhraní . . . . .	11
1.4	SDAPS – životní cyklus dotazníku . . . . .	12
2.1	Webová aplikace – doménový model . . . . .	28
2.2	Webová aplikace – model serverové části aplikace . . . . .	29
C.1	Webová aplikace – databázový model . . . . .	60
D.1	Webová aplikace – Služby . . . . .	63
E.1	Offline quiz – Vytvoření nového testu v rámci kurzu . . . . .	65
E.2	Offline quiz – Formulář pro nastavení testu . . . . .	66
E.3	Offline quiz – Editor úloh . . . . .	66
E.4	Offline quiz – Ukázka části odpovědního archu . . . . .	67
E.5	Offline quiz – Část pro nahrání naskenovaných odpovědních archů . . . . .	67
E.6	Offline quiz – Grafický editor oprav . . . . .	68
E.7	Offline quiz – Zobrazení výsledků testu . . . . .	68
E.8	Prototyp webové aplikace – Formulář pro vytvoření testu . . . . .	69
E.9	Prototyp webové aplikace – Editor zadání bez přidání úloh . . . . .	69
E.10	Prototyp webové aplikace – Editor zadání . . . . .	70
E.11	Prototyp webové aplikace – Modální okno pro přidání úloh testu . . . . .	70
E.12	Prototyp webové aplikace – Modální okno s podrobnostmi o úloze . . . . .	71
E.13	Prototyp webové aplikace – Seznam studentů . . . . .	71
E.14	Prototyp webové aplikace – Přejížděcí animace . . . . .	72
E.15	Prototyp webové aplikace – Obrazovka pro stažení PDF formulářů . . . . .	72
E.16	Prototyp webové aplikace – Obrazovka pro nahrání souborů . . . . .	73
E.17	Prototyp webové aplikace – Obrazovka s výsledky testu . . . . .	73
E.18	Prototyp webové aplikace – Detailem výsledku studenta . . . . .	74
E.19	Prototyp webové aplikace – Podrobnosti o opravené úloze . . . . .	75





---

## Seznam tabulek

1.1	Porovnání vlastností vybraných placených softwarů . . . . .	14
1.2	Porovnání kompatibility variant řešení s nefunkčními požadavky . . . . .	22
1.3	Porovnání kompatibility variant řešení s funkčními požadavky . . . . .	23
2.1	Porovnání kompatibility OMR programů s vybranými požadavky . . . . .	26
2.2	Zasazení obrazovek do kontextu uživatelských scénářů a požadavků . . . . .	31
3.1	Stav implementace jednotlivých požadavků v rámci prototypu . . . . .	34
4.1	Offline quiz – průměrné hodnocení uživatelů . . . . .	38
4.2	Prototyp webové aplikace – průměrné hodnocení uživatelů . . . . .	38
4.3	Offline quiz – odhad náročnosti implementace . . . . .	40
4.4	Prototyp webové aplikace – odhad náročnosti implementace . . . . .	41
4.5	Porovnání hlavních předností a nedostatků uvažovaných variant řešení . . . . .	42
C.1	Entita Student . . . . .	57
C.2	Entita Variant . . . . .	57
C.3	Entita Course . . . . .	58
C.4	Entita Exam . . . . .	58
C.5	Entita Question . . . . .	58
D.1	Architektura klientské části aplikace – <i>views</i> . . . . .	61
D.2	Architektura klientské části aplikace – <i>components</i> . . . . .	62
D.3	Koncové body klient-server rozhraní prototypu webové aplikace . . . . .	64
G.1	Hodnocení Offline quiz po jednotlivých scénářích . . . . .	89
G.2	Hodnocení prototypu webové aplikace po jednotlivých scénářích . . . . .	89



---

# Úvod

V období pandemie Covid 19 se událo mnoho změn v zavedeném chování společnosti. Lidé se museli přizpůsobit omezením, která se dotkla jejich dosavadního způsobu života. Restrikce výrazně zasáhly také oblast školství a formu vzdělávacího procesu. Pedagogové ze základních, středních i vysokých škol byli nuceni využívat nástroje informačních technologií ke své každodenní práci a převést výuku do online prostoru. Díky tomu se někteří učitelé nově seznámili s výukovými systémy a komunikačními aplikacemi a získali praktické zkušenosti s jejich využíváním.

Záměrem této bakalářské práce je využít tento stav, kdy mají učitelé čerstvé zkušenosti s výukovými systémy, a prostřednictvím nich pedagogům pomoci i v budoucnu, kdy se vrátí ke klasickému způsobu výuky v učebnách. Zvolenou formou podpory je analýza a návrh rozšíření systému Moodle, které bude schopné vygenerovat standardní papírový test a automatizovaně zpracovat jeho výsledky.

Téma vzniklo ve spolupráci s Centrem znalostního managementu. Autorem motivací pro jeho výběr byl záměr navrhnout rozšíření systému Moodle, které by zjednodušilo procesy vytváření a opravování papírových testů. To by vedlo k úspoře času učitelů a ke zkrácení čekací doby na výsledky testu pro studenty.

## Cíl práce

Cílem této práce je analyzovat a navrhnout rozšíření informačního systému Moodle, které je schopné vygenerovat a automatizovaně vyhodnotit testy v papírové podobě. Pro splnění tohoto cíle analyzuje práce systém Moodle a jeho možnosti rozšíření, dále zkoumá dostupné technologie pro generování a automatizované vyhodnocování papírových testů. Ze získaných informací poté navrhuje způsoby implementace této funkcionality do systému Moodle. V rámci tohoto díla je dále navrženo vlastní řešení ve formě webové aplikace, které je

implementováno v podobě prototypu do stavu „*Proof of Concept*“. Výsledný prototyp je následně porovnán s ostatními alternativami z hlediska finančních nákladů, ale i benefitů jednotlivých řešení.

## Struktura práce

Bakalářská práce je rozdělena do čtyř hlavních kapitol. První z nich je věnována analýze. Jsou v ní shrnuty poznatky ze studií o e-learningu a typech systémů pro správu výuky. Kapitola se rovněž zaměřuje na detailní popis systému Moodle a na jeho již existující rozšíření Offline quiz, dále se věnuje dostupným technologiím pro generování a automatizované vyhodnocování papírových testů. Důležitým obsahem této kapitoly je analýza uživatelských požadavků, která podrobně definuje nároky, jež má řešení splňovat. Závěr první kapitoly je věnován návrhu jednotlivých řešení a výběru vhodných variant pro další zkoumání.

Druhá kapitola se zaměřuje na zpracování návrhu webové aplikace, podle požadavků určených v analytické části, a na zvolení vhodných metod pro jeho implementaci.

Třetí kapitola této práce popisuje implementaci prototypu webové aplikace. Je v ní uveden stav vytvořeného prototypu, výstupy uživatelského testování a možnosti jeho dalšího rozšíření.

Závěrečná kapitola se věnuje srovnání uvažovaných variant řešení – webové aplikace a rozšíření Offline quiz z hlediska uživatelské přívětivosti a finančních nákladů. Kapitola na závěr shrnuje pozitiva a negativa každého z řešení.

---

# Analýza

## 1.1 E-learning

Technologický pokrok v informačních technologiích vedl k inovacím v několika společenských odvětvích mezi kterými bylo a je i vzdělání. [1] E-learning se stal populárním nástrojem pro instituce ve vyšším vzdělání. Jeho adaptování zpřístupnilo vzdělávání většímu množství lidí, díky snadnější dostupnosti zprostředkované internetem. [2]

Definice e-learningu je více, lze ho chápat jako koncept, který popisuje možnost přístupu k edukačním materiálům pomocí internetu nebo jiné počítačové sítě. Tedy umožňuje přistoupit k výukovým materiálům kdekoli a kdykoli. [3] Jiná definice si pojem e-learning vysvětluje jako informační systém, který zahrnuje široké spektrum edukačních materiálů sdílené pomocí e-mailu, online diskuzí, fór, kvízů a úkolů. [4]

I přes rozsáhlý pokrok v oblasti e-learningu a informačních systémů, které ho implementují, dochází k situacím, kdy není systém uživateli plně přijatý nebo je přímo odmítnutý. [5] Vlastnosti systému, které vedou k úspěchu, se různí v závislosti na situaci konkrétní instituce. Obecně jsou ale shrnuty v sekci 1.2.4.

## 1.2 Systémy pro správu výuky

V této části jsou uvedeny typy informačních systémů, které implementují koncepci e-learningu.

### 1.2.1 Systém pro správu výuky

Systém pro správu výuky – LMS (*Learning Management System*) lze definovat jako webový systém umožňující učitelům a studentům sdílet výukové materiály a oznámení o kurzu, zadávat a odevzdávat úkoly a komunikovat mezi

sebou v online prostoru. [6] Hlavní výhodou je interaktivita systému, která napomáhá ke zlepšení kvality výuky. [7] Využití systémů typu LMS je patrně především ve sféře vyššího vzdělání, kde ho v různých podobách adoptovalo přibližně 99 % institucí. [8] Jako nástroj pro přístup k obsahu slouží webový prohlížeč, díky kterému mohou uživatelé k systému přistoupit nezávisle na operačním systému jejich počítače nebo mobilního telefonu. Díky snadné dostupnosti a interaktivitě může LMS zlepšit kvalitu výuky konkrétní instituce. [9]

### 1.2.2 Systém pro správu obsahu

Systém pro správu obsahu – CMS (*Content Management System*) se zaměřuje na obsah, který může být v textové, grafické, zvukové nebo audiovizuální podobě. Systém umožňuje tyto objekty spravovat – nahrávat, editovat nebo odstraňovat – prostřednictvím internetu. [10] CMS se rozděluje na několik druhů mezi nimiž jsou například CMS Web nebo CMS Enterprise. [11] Je to právě CMS Web, který se využívá pro výukové účely a zpřístupňuje funkce pro správu dokumentů i uživatelům bez znalostí jazyka HTML. [12]

### 1.2.3 Systém pro správu výuky a obsahu

V dnešní době je možné většinu výukových systémů popsat jako systémy pro správu výuky a obsahu – LCMS (*Learning Content Management System*). Takové systémy tvoří prostředí, kde mohou uživatelé vytvářet, uchovávat a spravovat digitální edukační obsah. Zahrnují funkce jak LMS tak i CMS systémů. [13]

### 1.2.4 Vlastnosti efektivního systému pro správu výuky

Mezi hlavní vlastnosti systému patří jednoduché ovládání, přehlednost, interaktivita a flexibilita. [2] Empirická studie [2] uvádí, že existence komunikačních nástrojů, interaktivních prvků, úkolů a rozmanitosti studijních technik má pozitivní efekt na zapojení studentů do jejich studia.

Pro tento účel systémy pro správu výuky obsahují tyto základní typy nástrojů:

- *Podpora výuky* – jedná se například o test nebo úkol.
- *Komunikace* – jedná se například o oznámení o novinkách nebo změnách spojených s kurzem anebo možnost vedení diskuze o probírané látce. Funkcí tohoto typu nástrojů je zprostředkovat interakci mezi studentem a učitelem online bez nutnosti použít jinou aplikaci.
- *Podpora produktivity* – jedná se například o sdílený kalendář, ankety nebo společný systém správy dokumentů. [9], [10] [14]

Výše zmíněná studie [2] také konstatuje, že podstatným faktorem pro úspěšný a užitečný LMS jsou proškolení učitelé. Efektivní a rozsáhlé školení lektorů je pro systém naprosto zásadní, protože vede k pochopení funkcí systému a získání jistoty při práci s ním. Stejně tak pořádání workshopů a lekcí pro studenty, při kterých se seznámí s možnostmi systému, vede k větší efektivitě studia a uživatelské spokojenosti.

### 1.2.5 Komerční a Open Source systémy

Pro výběr LMS je nutné zvážit, zda se bude jednat o systém komerční nebo open source.

Většina open source systémů nevyžaduje poplatky za používání, oproti tomu komerční systémy nejsou bez jejich zaplacení použitelné. Poplatky jsou dvojího typu – na roční bázi a na údržbu systému. [9] To samo o sobě neznamená, že nasazení a používání open source systému je levnější. Často poskytuje pouze licenci a potřebný hardware si musí instituce, která systém implementuje, vybudovat sama. Zároveň musí vyčlenit tým vývojářů, kteří budou provádět pravidelnou údržbu systému. Při nesprávném postupu zavádění systému může být tento proces ve výsledku dražší, než by byla implementace komerčního systému. [9]

Výhodou licence open source je, že zpřístupňuje zdrojové kódy systému. Díky tomu je možné funkce systému přizpůsobit pro individuální potřeby instituce. [3] Mezi open source LMS patří Moodle, Sakai nebo Dokeos [9], mezi komerční zástupce například Blackboard.

## 1.3 Moodle

V této sekci jsou obsažené informace o LCMS Moodle, jeho softwarové architektuře a o jeho existujícím rozšíření Offline quiz.

### 1.3.1 Obecné informace

Moodle je open source systém typu LCMS vytvářející komplexní prostředí pro správu výuky. Tento systém začlenilo přes 170 000 institucí a organizací z celého světa a využívá ho přes 200 milionů uživatelů z akademické i soukromé sféry. Moodle je vyvíjen od roku 2002 a od té doby získal početnou mezinárodní komunitu, díky které je udržován aktuální a nyní nabízí přes 120 jazykových mutací. Moodle je přístupný přes internetový prohlížeč, je proto možné k jeho obsahu přistoupit z pevného počítače, mobilu nebo tabletu. [15]

Moodle obsahuje nástroje pro vyučování, studium a testování studentů. Protože se jedná o open source software, je možné vyvíjet rozšíření zaměřené na různé specifické funkce spojené se vzděláváním.

### 1.3.2 Architektura

Jak popisuje dokumentace systému [16], jedná se o systém vytvořený převážně v jazyce PHP. Jeho struktura se skládá z aplikačního jádra a na něj navázaných rozšíření. Toto uspořádání umožňuje Moodle dále rozšiřovat a upravovat, podle různých specifických požadavků.

#### 1.3.2.1 Jádro

Jádro je nezbytné pro fungování systému. Nachází se v něm definice a implementace klíčových elementů:

- *Kurzy* – kurz je definován jako posloupnost aktivit a studijních materiálů, které jsou rozděleny do jednotlivých skupin (témat).
- *Uživatelé* – kdokoli, kdo Moodle používá, je považován za uživatele. Každý kurz umožňuje určení uživatelských rolí definující úroveň oprávnění, která stanovuje rozsah dostupných akcí v systému. Základní rozdělení těchto rolí je na učitele a studenta.

Aplikační jádro poté spravuje funkce spojené s výše zmíněnými elementy jako jsou:

- *Zápisy do kurzů* – přidání studentů nebo učitelů ke konkrétnímu kurzu.
- *Splnění aktivit a kurzů* – možnost dokončení aktivit nebo kurzů po splnění podmínek.
- *Vlastní konfigurace uživatelského rozhraní* – konfigurace rozložení navigačních prvků specifická pro jednotlivé uživatele.

Pokud je kód jádra upraven, není nadále možné provádět aktualizace celého systému.

#### 1.3.2.2 Typy rozšíření

Moodle je modulární systém. Podporuje tvorbu přídavných funkcí ve formě rozšíření (plugin). Mezi standardní typy rozšíření systému patří:

- *Činnosti* – tento typ rozšíření je pro systém zásadní. Činnosti zahrnují podstatné aktivity každého předmětu, patří mezi ně úkoly, testy, ankety a další.
- *Studijní materiály* – rozšiřují obsah kurzu o soubory, odkazy a jiné zdroje pro studium.
- *Motivy* – umožňují nastavení různých stylů grafického rozhraní.
- *Jazykové balíky* – zajišťují správné zobrazení jazykových lokalizací.



### 1.3.2.3 Databáze

Databáze Moodle obsahuje přes 250 entit, které slouží pro potřeby jádra i jednotlivých typů rozšíření. Moodle podporuje více databázových softwarů, mezi které patří PostgreSQL, MySQL nebo MariaDB. [16]

### 1.3.3 Možnosti online testu

Test je v Moodle podkategorie činností. Nabízí široké možnosti nastavení, které se týkají například viditelnosti na stránce kurzu, počtu možných pokusů nebo bodového ohodnocení. [17] Úlohy může uživatel do testu přidat výběrem z již vytvořených úloh z databanky nebo vytvořením nové. Při tvorbě úlohy má uživatel na výběr z více typů, mezi které patří:

- *Výběr z možných odpovědí* – 0– $n$  možných správných odpovědí.
- *Pravda/Nevprava* – pouze dvě možné odpovědi pravda nebo nepravda.
- *Slovní odpověď* – umožňuje vložení pouze slovní odpovědi.
- *Numerická úloha* – umožňuje vložení pouze číselné odpovědi.
- *Další typy* – dynamické přetahování pojmů, přiřazování nebo výpočetní úlohy. [18]

Jakmile student vyplní test, přidělené body se nahrají do sekce hodnocení studenta v rámci daného kurzu. Zobrazení výsledků z pohledu studenta se odvíjí od úrovně nastavení jejich viditelnosti učitelem.

### 1.3.4 Tvorba nových rozšíření

Moodle vývojářům umožňuje vytvářet nová rozšíření. Mohou se zaměřovat na úpravy stávajících funkcí jako jsou například činnosti (testy, úkoly) nebo na tvorbu originálních motivů pro grafické rozhraní.

Rozšíření může být volně ke stažení na straně vývojáře nebo být součástí oficiálního katalogu Moodle.

#### 1.3.4.1 Proces přidání rozšíření do oficiálního katalogu

Přispívání do oficiálního katalogu má konkrétně definovaný postup. První nahraná verze je posuzována v rámci schvalovacího procesu. Většina těchto verzí je při něm vrácena na přepracování. Jakmile je rozšíření modifikováno tak, že projde schvalovacím procesem, následuje registrace anglických textů, které se v rozšíření objevují, do centrálního repozitáře AMOS. Tyto texty jsou poté přeloženy v rámci jednotlivých jazykových balíčků. Rozšíření je poté dostupné na webových stránkách Moodle a je možné jej stáhnout a integrovat do systému s využitím standardního postupu. [19]

### 1.3.5 Offline Quiz

Offline quiz je rozšíření, které do Moodle přidává možnost vygenerování testu ve standardní papírové formě. Studenti obdrží samostatně zadání a odpovědní arch pro odpovědi. Arch je po testu naskenován a programem vyhodnocen. [20]

Obrázek 1.1: Offline quiz – Ukázka části odpovědního archu

#### 1.3.5.1 Životní cyklus offline kvízu

Životní cyklus offline kvízu se skládá z následujících etap:

- Učitel vytvoří offline kvíz na stránce předmětu v Moodle. Vytvoří úlohy s jednou nebo více správnými odpověďmi. Může také využít již vytvořené úlohy z banky úloh daného předmětu.
- Z úloh se vytvoří samostatné dokumenty – zadání a odpovědní arch, které se poté vytisknou v počtu odpovídajícímu počtu studentů přihlášených na test.
- V čase testu student obdrží dokumenty a identifikuje se podle osobního sedmimístného čísla. Vyplní odpovědi do odpovědního archu a odevzdá ho zpět učiteli.
- Učitel naskenuje vybrané archy a jako obrazové soubory je nahraje do Offline quiz, který je vyhodnotí. V případě chyby si program vyžádá ruční kontrolu odpovědí.
- Výsledky kvízu se poté automaticky nahrají do známek studentů.

## 1.4. Technologie pro generování a automatizované vyhodnocování papírových testů

---

Nastavení kvízu obsahuje několik individuálních možností. Je možné účastníky kvízu rozdělit až do šesti skupin s různým zadáním. V rámci těchto zadání mohou být úlohy rozmístěny náhodně. Po vyplnění kvízu lze nastavit studentům přístup ke správným odpovědím včetně jejich naskenovaného archu. [20]

### 1.3.5.2 Požadavky a instalace

Rozšíření Offline quiz je kompatibilní s verzemi Moodle 2.5 až 3.10. Pro instalaci je zapotřebí pouze rozšíření stáhnout a vložit složku se zdrojovým kódem rozšíření do adresáře Moodle, konkrétně do složky *mod/offlinequiz*. Poté se v administrátorské sekci provede automatická aktualizace.

### 1.3.5.3 Způsob identifikace

Identifikace studentů probíhá na principu vyplnění sedmimístného číselného identifikátoru, které odpovídá atributu ID u entity Uživatel v databázi Moodle. Studenti tento identifikátor v rámci studia na Fakultě elektrotechnické ČVUT běžně nepoužívají. [21] Pro správný průběh vyhodnocení je však vyplnění tohoto údaje klíčové.

### 1.3.5.4 Uživatelské rozhraní

Uživatelské rozhraní Offline quiz vychází ze stejného konceptu jako systém Moodle a nabízí anglickou i českou lokalizaci. V rámci procesu tvorby testu rozšíření nabízí podobný typ formuláře pro nastavení jako u standardního online testu, odlišnosti jsou způsobeny rozdílnou povahou online a offline testu. Stejný koncept je zachován také u editoru úloh a u tabulky s výsledky studentů.

Offline quiz nabízí funkci manuálních oprav odpovědních archů v interaktivní grafické formě, která je zobrazena na obrázku 1.2. Snímky všech důležitých částí tohoto rozšíření jsou zdokumentovány v příloze E.

## 1.4 Technologie pro generování a automatizované vyhodnocování papírových testů

Optické rozpoznávání značek tzv. *OMR* (Optical Mark Recognition) je proces získávání dat z připraveného vytisknutého formuláře vyplněného člověkem. Skener je schopen detekovat vyznačenou oblast díky záření paprsků světla na papír a zaznamenání míry propustnosti. Z ní poté vyhodnotí, jestli je značka člověkem vyplněna – zaškrtnuta. [22]

OMR vyžaduje otázky typu jedné nebo více možností. Využívá se pro vyhodnocování dotazníků a testů.

## 1. ANALÝZA

Daniel Hloušek (0000003) Stránka: 1/1 (Nejasné označení)

**Formulář pro odpovědi**  
Pro automatickou analýzu

Křesní jméno: Daniel  
Příjmení: Hloušek  
Podpis: [podpis]

Autor: [prázdné]

Identifikátor účastníka: 0 0 0 0 0 0 3

Skupina: A  B  C  D  E  F

Tento formulář odpovědí bude naskenován automaticky. Prosím, nechybejte ani nešpiťte. Pole označte čírným nebo modrým perem.

Pouze jasná označení mohou být interpretována správně! Pokud chcete opravit označení, vyplňte pole zotečnou barvou. Toto pole bude interpretováno jako prázdné pole.

Opravené rámečky nelze znovu označit. Nepište prosím nic mimo rámeček.

	a	b	c	d
1)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Akce:  
Zrušit  
Otočit  
Přizpůsobit  
Zkontrolovat ID skupiny/uživatele  
Uložit a zobrazit změny studentovi  
Uložit

Obrázek 1.2: Offline quiz – Grafický editor oprav

### 1.4.1 Volně dostupné softwaru OMR

Volně dostupných OMR softwarů pod licenci open source existuje několik. Na základě provedeného průzkumu trhu byli vybráni následující zástupci:

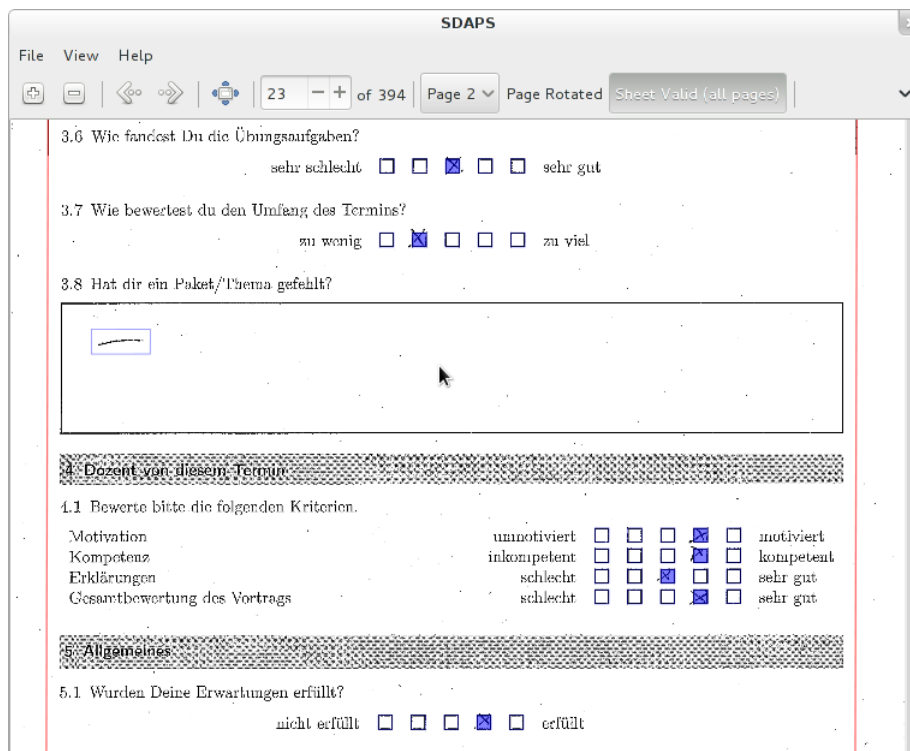
- *FormScanner* – program implementovaný v jazyce Java. Kromě základních funkcí OMR poskytuje analýzy vyhodnocených testů. Je dostupný k instalaci pro nejpoužívanější operační systémy.
- *queXF* – program implementovaný v jazyce PHP. Mimo základní funkce OMR nabízí funkci ICR (*Intelligent Character Recognition*) pro detekování ručně psaných slov. Software je možné využít v rámci webové aplikace, tedy není nutná instalace softwaru na osobní počítače uživatelů.
- Programy *SDAPS* a *AMC* jsou detailně popsány v následujících sekcích.

#### 1.4.1.1 SDAPS

*SDAPS* je open source OMR software dostupný v rámci licence *GPLv3*. Program je vyvíjen mezinárodní komunitou vývojářů v jazyce Python a je určen pro vytváření automatizovaně vyhodnotitelných anonymních dotazníků, průzkumů nebo testů. [23], [24]

Pro vygenerování těchto dokumentů ve formátu PDF program využívá formát  $\text{\LaTeX}$ , v rámci kterého využívá vlastní třídu a balíky. Uživatel má díky nim široké možnosti nastavitelnosti uspořádání a typu otázek. Jakmile je vytištěný dokument vyplněn a naskenován, *SDAPS* vyplněné odpovědi vyhodnotí a uloží výsledky. Ty lze poté získat ve více formátech, ať už jako celkovou

## 1.4. Technologie pro generování a automatizované vyhodnocování papírových testů



Obrázek 1.3: SDAPS – ukázka grafického rozhraní pro manuální korekci [26]

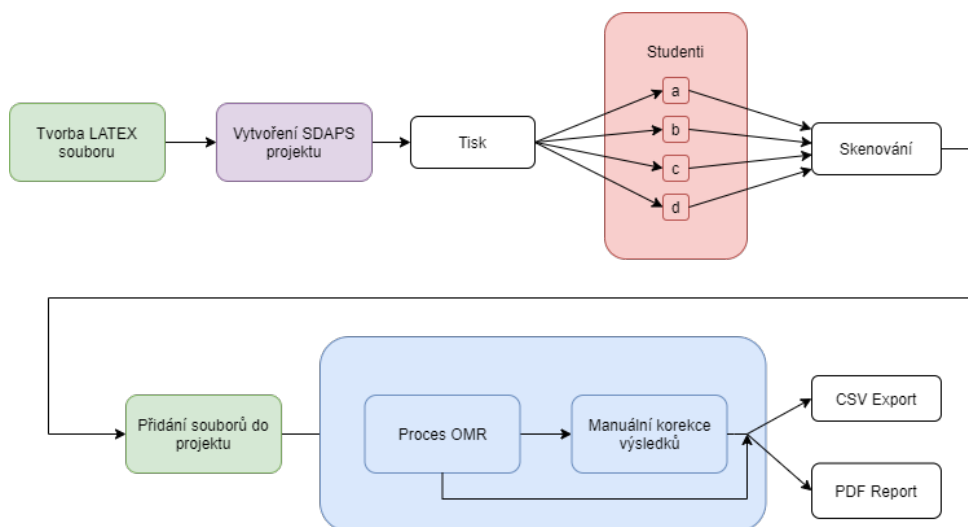
analýzu v PDF formátu nebo jako data v CSV formátu. [23] Detailně je proces popsán v sekci *Životní cyklus dotazníku*.

**Obecné vlastnosti** SDAPS je dostupný k instalaci pro operační systémy typu Linux a Mac OS, pro plné využití lze také využít přímo zdrojový kód. [25]

V rámci procesu zhodnocení odpovědí podporuje využití grafického rozhraní pro manuální opravy uživatelem. Nástroj nabízí základní jednoduché funkce, kterými jsou předem označena pole jako vyplněná, možnost změnit zaškrtnuté pole kliknutím nebo možnost seřazení vyplněných polí podle kvality vyhodnocení. [26] Ukázka tohoto grafického nástroje je zobrazena na Obrázku 1.3.

Výhodnou funkcí pro generování testů je přiřazení uživatele ke konkrétnímu testu pomocí QR kódu. Program pak dokáže automaticky vyhodnotit, kterému uživateli naskenovaný dokument náleží a přiřadit k němu jeho odpovědi. [27]

**Vlastnosti L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X třídy** Třída *sdapsclassic* slouží především ke zformátování základního rozložení stránky tak, aby byl po naskenování rozpoznatelný.



Obrázek 1.4: SDAPS – životní cyklus dotazníku

V rámci třídy je možné využít několika různých druhů odpovědí. Uživatel může využít standardních možností jako jsou *one choice* (pouze jedna správná odpověď) nebo *multiple choice* (možnost více správných odpovědí), dále jsou dostupná i textová pole pro ručně psanou odpověď. V rámci *sdapsclassic* je možné vytvořit také skupinu otázek a odpovědí ve formátu sloupců a řádků, tedy vhodném formátu pro tvorbu odpovědních archů. [28]

**Životní cyklus dotazníku** proces je vyobrazen na snímku 1.4 a podle [29] se dělí na následující části:

- *Tvorba L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X souboru* – tato počáteční část slouží k tvorbě samotného testu. Aby měl správné parametry, musí být vytvořen ve formátu L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X, integrovat třídu *sdapsclassic* a řídit se definovanými konvencemi této třídy. [30]
- *Vytvoření SDAPS projektu* – pro vytvoření projektu je nutné využít příkaz *setup*, který vytvoří složku a vyplní ji potřebnými soubory včetně vygenerovaného PDF dokumentu. Jestliže si tvůrce přeje vytvořit zadání pro více předem známých uživatelů, je nutné ještě spustit příkaz *stamp*. [31]
- *Tisk a skenování* – během této části probíhá tisk vygenerovaného PDF dokumentu, po vyplnění odpovědí následuje skenování v doporučené kvalitě 300 dpi. [32]

- *Přidání naskenovaných souborů do projektu* – prostřednictvím příkazu *add* jsou naskenované soubory přidány, podporované formáty jsou TIFF a PDF. [33]
- *Spuštění optického rozpoznávání značek* – příkaz *recognize* spustí proces rozpoznávání na dříve přidaných souborech. [34]
- *Manuální korekce výsledků* – v této části je využito grafické rozhraní aplikace popsané v sekci *Obecné vlastnosti*. [35]
- *Exportování dat a analýzy* – po úspěšném vyhodnocení naskenovaných souborů, je možné získat výsledky ve formátu CSV. SDAPS také podporuje tvorbu celkové analýzy četnosti odpovědí na jednotlivé otázky zanesené do grafů. [36]

#### 1.4.1.2 AMC

*Auto Multiple Choice* je software sloužící ke tvorbě a správě kvízů s úlohami typu *multiple choice*. Jedná se o bezplatný program pod open source licencí *GPLv2+*, vytvořený převážně v jazyce Perl. Autorem softwaru AMC je Alexis Bienvenüe.

AMC umožňuje vytvářet zadání testů a odpovědních archů ve formátu  $\text{\LaTeX}$ . Uživateli nabízí vlastní nastavení uspořádání otázek včetně náhodného seřazení. Po vyplnění a naskenování záznamového archu poskytuje AMC nástroje pro automatizované vyhodnocení odpovědí, v případě nedostatečné kvality naskenovaného archu může uživatel ručně vyhodnotit vyplněné odpovědi. Systém bodování je předem nastavený, nicméně lze upravit podle specifických požadavků uživatele. [37]

#### 1.4.1.3 Typy uspořádání OMR testů

Softwary AMC, SDAPS a Offline quiz nabízí dva typy uspořádání testů:

- *Společné zobrazení úloh a odpovědních polí* – tento typ zadání je vhodný pro testy s méně otázkami, jelikož jeho vyhodnocení vyžaduje naskenovat všechna vytištěná zadání.
- *Rozdělené zobrazení úloh a odpovědních polí* – tento typ rozděluje zadání testu na dva oddělené dokumenty – zadání s úlohami a odpovědní arch. Student při vyplňování testu zaznamenává odpovědi do svého archu a zadání má pouze pro čtení. Tento způsob vyžaduje naskenovat pouze odpovědní archy, je proto vhodný pro testy s více úlohami. [38]

#### 1.4.2 Placené OMR softwary

Na trhu je k dispozici několik společností, které nabízí software schopný vyprodukovat a automatizovaně vyhodnotit testy nebo formuláře. Liší se mezi

## 1. ANALÝZA

---

sebou především ve formě poskytované služby, formě platby a úrovni nabízené podpory.

Službu poskytují nejčastěji jako samostatnou aplikaci, kterou si uživatelé nainstalují na vlastní zařízení, dále je možné získat službu ve formě cloudu – uživatelé ke službě přistupují pomocí webového prohlížeče, samotné výpočty se provádí mimo zařízení uživatele na serveru.

Na základě informací uvedených v diplomové práci [39] a autorem provedeného průzkumu trhu byli vybráni tři zástupci komerčních OMR softwarů. *Remark* a *Verificare* patří do skupiny desktopových aplikací, u kterých je nutná lokální instalace. *Aspose* je zástupcem samostatných knihoven určených pro využití v rámci aplikace, poskytuje tedy pouze funkce spojené s procesem OMR, nenabízí uživatelské rozhraní ani jiné prvky běžné aplikace.

	Remark [40]	Verificare [41]	Aspose [42]
Forma poskytované služby	Cloud nebo lokální instalace	Lokální instalace	Použitelné rozhraní pro jazyky Java, C++ nebo .NET
Cena	\$1195/uživatel [43]	\$850–\$1300/uživatel [44]	\$400–\$5500 za licenci [45]
Nastavitelná testová forma	Ano	Ano	Ano
Podporované operační systémy	Windows 8.1 a 10	Windows 7, 8 a 10	Bez omezení
Podpora přes standardní tiskárnu	Ano	Ano	Ano
Analýza výsledků	Ano	Ano, v rámci samostatného modulu	Ne
Identifikace pomocí vygenerovaného kódu	Ano, pomocí čárového kódu	Ano, pomocí čárového nebo QR kódu	Ne
Exportu známek do CSV	Ano	Ano	Ano

Tabulka 1.1: Porovnání vlastností vybraných placených softwarů

### 1.4.3 Software využívaný na fakultě elektrotechnické

Na Fakultě elektrotechnické ČVUT jsou v současné době využívány dva hlavní informační systémy pro správu výuky – Moodle a CourseWare. CourseWare je rozdělen na dvě samostatné komponenty Dokuwiki a BRUTE. V Dokuwiki lze nalézt webové stránky jednotlivých předmětů, na kterých jsou uloženy informace k výuce a edukační materiály. BRUTE je zkratkou sousloví „Balík pro Rezervace, Upload, Testování a Evaluaci studentských úloh“. [46]

V rámci BRUTE je už přes šest let implementována funkce generování offline testů a jejich následné strojové vyhodnocení. V současné době se využívá především pro tvorbu testů určených pro fakultní přijímací zkoušky.



### 1.4.3.1 Popis funkce

Jak bylo uvedeno v rozhovoru [47], implementace funkce z velké části vychází z open source knihovny AMC, která je popsána v předchozí sekci 1.4.1.2. Funkce nabízí tvorbu obou typů testů popsaných v sekci 1.4.1.3.

Proces tvorby testu probíhá následovně:

- Učitel vytvoří offline kvíz na stránce předmětu v BRUTE. Má na výběr mezi vytvořením nového testu s využitím databáze úloh nebo zvolením již dříve vytvořeného testu.
- Z úloh se vygenerují samostatné dokumenty, které se poté vytisknou v počtu odpovídajícímu počtu studentů přihlášených na test.
- Učitel následně přiřadí test ke konkrétní skupině studentů. Každému z nich program vygeneruje jeho unikátní test. Všechny se poté vygenerují ve formátu PDF, přičemž každý test je označen unikátním QR kódem.
- Učitel vytiskne vygenerované dokumenty.

Po skončení testu následuje proces strojového vyhodnocení:

- Učitel naskenuje dokumenty s vyplněnými odpověďmi.
- Naskenované soubory se poté nahrají do aplikace BRUTE, kde jsou automatizovaně vyhodnoceny.
- Pokud se při vyhodnocování objeví nejasně zaškrtnuté pole, učitel manuálně doplní informaci o správnosti dané odpovědi.
- Výsledky jsou poté zobrazeny studentům. Učitel sám volí, v jaké formě – pouze body nebo body se zobrazenými odpověďmi.

## 1.5 Analýza uživatelských požadavků

Pro vyhodnocení uživatelských požadavků byla zvolena metoda FURPS+ skládající se v případě této práce z popisu celkem sedmi různých vlastností, které má výsledné řešení naplnit. Seznam navrhovaných řešení je popsán v sekci 1.6.

Při vypracovávání metody bylo postupováno na základě informací z článku [48]. Zdrojem pro analýzu byly poznatky získané z výsledků teoretické rešerše a z požadavků vedení Centra znalostního managementu a vývojového týmu Moodle FEL [21], pro které je tato bakalářská práce vypracována.

Na výsledky FURPS+ analýzy navazuje dalších 13 rozpoznávaných požadavků – 9 funkčních a 4 nefunkčních.

### 1.5.1 Základní business požadavek

Základní business požadavek pro rozšíření je v zadání této práce definován následovně: „Rozšíření informačního systému Moodle musí být schopné vygenerovat a automatizovaně vyhodnotit testy v papírové podobě.“

### 1.5.2 FURPS+

#### 1.5.2.1 Funkčnost

- *Vygenerování testu* – rozšíření musí být schopné z uživatelských vstupů vygenerovat soubory k vytištění v odpovídajícím testovém formátu čitelném OMR technologií. Tato funkce je dále rozdělena do čtyř samostatných požadavků, které jsou definovány v části 1.5.3 pod označením FP1 – FP4.
- *Vyhodnocení testu* – rozšíření musí být schopné vyhodnotit uživatelem nahrané soubory, zobrazit výsledky testu a nahrát je do databáze Moodle. Tato funkce je dále rozdělena do čtyř samostatných požadavků, které jsou definovány v části 1.5.3 pod označením FP5 – FP9.

#### 1.5.2.2 Použitelnost

Rozšíření musí být z uživatelského pohledu vybaveno těmito vlastnostmi:

- *Přehlednost* – uživatel by se měl na stránce snadno orientovat, jednoduše nalézt hledané prvky.
- *Srozumitelnost* – chování jednotlivých prvků v uživatelském rozhraní rozšíření musí být očekávatelné.
- *Nízká složitost provedení úkonů* – jednotlivé operace spojené s funkcemi rozšíření nesmí být komplikované.

Vlastnosti byly zvoleny na základě empirické studie [2], ve které byly popsány charakteristiky efektivního LMS. Další nálezy této studie byly popsány v sekci 1.2.4. Důležitost těchto vlastností je dána dlouhodobou nespokojeností s nedostatky uživatelského rozhraní fakultního systému Moodle, které se postupně odstraňují. [21] Autorovou snahou proto je nabídnout systému Moodle funkční a především uživatelsky přívětivé rozšíření.

#### 1.5.2.3 Spolehlivost a výkon

Rozšíření musí být schopné vyhodnotit desítky uživatelských požadavků v jeden okamžik. Proces rozpoznávání odpovědí OMR není nutné spouštět okamžitě po uživatelském požadavku ale později, v závislosti na aktuální zátěži serveru. Vyhodnocení však musí proběhnout nejpozději do čtyř hodin od vložení souborů. [21]

#### 1.5.2.4 Podpora a rozšiřitelnost

Rozšíření bude úzce navázáno na systém Moodle. Musí být proto vytvořeno v souladu s koncepcí dlouhodobé udržitelnosti definované v sekci 1.5.4 v požadavcích NP1 a NP2.

#### 1.5.2.5 Bezpečnost

Rozšíření musí zajistit dostatečné zabezpečení používaných dat a minimalizovat tak možnost jejich úniku. Další podrobnosti jsou definovány v sekci 1.5.4 v požadavku NP3.

### 1.5.3 Funkční požadavky

Funkční požadavky se zaměřují na konkrétní uživatelské funkcionality, které má rozšíření obsahovat.

#### FP1 – Tvorba testu a jeho nastavení

Rozšíření nabídne možnost vytvořit test. Uživatel bude moci vyplnit údaje o testu (název, popis) a případně zvolit další nastavení testu. Dále bude možné zvolit minimálně jeden ze dvou typů zadání testu, které byly více popsány v sekci 1.4.1.3.

Součástí nastavení testu budou také různé úrovně viditelnosti výsledků z pohledu studenta. Bude na výběr ze dvou možností:

- *Bodové ohodnocení* – student bude moci zobrazit pouze udělený počet bodů.
- *Bodové ohodnocení a naskenovaný odpovědní arch* – student bude moci zobrazit nejen udělený počet bodů, ale také snímek s vlastním odpovědním archem a systémem označenými odpověďmi. Bude tak moci provést vlastní kontrolu automatizovaného vyhodnocení a případně vznést námítky.

#### FP2 – Editor úloh

Rozšíření bude vybaveno funkcí editace zadání testu, v rámci které bude možné vytvořit více variant zadání a přidat testové otázky s odpověďmi.

**Přidání úloh** Úlohy bude moci uživatel do zadání přidat následujícími způsoby:

- *Přímé vytvoření* – uživatel ve formuláři vyplní potřebné informace vyžadované systémem Moodle. Nová úloha se zároveň uloží do databanky pro další využití.

## 1. ANALÝZA

---

- *Vybrání z databanky Moodle* – uživatel v seznamu úloh získaných z databáze Moodle vybere již vytvořené úlohy. Rozšíření bude rozlišovat kategorie úloh definované systémem Moodle.
- *Náhodné zvolení* – uživatel navolí počet náhodných úloh, které se poté automaticky vyberou z databanky. V rámci náhodného výběru bude možné využít předem definovaných kategorií úloh, tedy omezit výběr pouze na určité úlohy splňující uživatelova kritéria.

Každé jednotlivé úloze bude možné manuálně přiřadit libovolné bodové ohodnocení, dále bude možné zobrazit její detailní informace. Rozšíření bude obsahovat možnost zkopírování úloh z jedné varianty do druhé.

### **FP3 – Unikátně označená zadání**

Uživatel bude moci zvolit, jakým studentům je test určen. Vygenerovaný PDF soubor poté bude obsahovat tolik zadání, kolik uživatel vybral studentů. Každé jedno zadání bude označeno unikátním identifikátorem příslušného studenta a jeho jménem a příjmením.

### **FP4 – Vygenerování PDF zadání**

Rozšíření bude schopné vyhodnotit informace zadané uživatelem v rámci částí požadovaných v FP1 a FP2. Z nich korektně vygeneruje soubory ve formátu PDF, které budou připravené k tisku. V obou možných variantách testových zadání musí být stránky určené pro záznam odpovědí strojově čitelné OMR softwarem.

### **FP5 – Nahrání oskenovaných souborů**

Rozšíření umožní uživateli nahrát naskenované soubory minimálně ve formátech PDF nebo PNG. Vyžadovanou vlastností je možnost nahrát více souborů společně.

### **FP6 – Revize strojového vyhodnocení odpovědí**

Rozšíření bude obsahovat funkci manuální korekce strojově vyhodnocených odpovědí. Preferovanou variantou je grafická forma kontroly s možností interaktivního vyhodnocení naskenované stránky. Dostačující variantou je statické vyhodnocení naskenované stránky, kde rozšíření zobrazí nejasně vyhodnocené odpovědi pouze textově, bez vyznačení v naskenovaném snímku stránky.

### **FP7 – Zobrazení a zapsání výsledků**

Rozšíření nabídne možnost zobrazení bodových výsledků studentů, kteří test absolvovali nebo měli absolvovat. Výsledky mohou být revidovány a bodové

ohodnocení změněno. Tyto výsledky se po potvrzení nahrají do databáze Moodle a zobrazí se studentům standardně mezi ostatními položkami v hodnocení.

### **FP8 – Vygenerování analýzy testu**

Rozšíření bude obsahovat funkci vygenerování analýzy testu, ve které budou zobrazeny statistiky odpovědí studentů na jednotlivé otázky.

### **FP9 – Napojení na Moodle**

Rozšíření bude úzce propojené se systémem Moodle. Z jeho databáze bude získávat data o přihlášených studentech a úlohách uložených v databázi kurzu. Rozšíření bude moci do databáze zapsat bodové ohodnocení konkrétního testu ke studentovi.

Pouze Moodle bude mít v kompetenci uživatele přesměrovat na tvorbu nebo vyhodnocení testu. Z jiného zdroje nebude možné tyto procesy zahájit.

#### **1.5.4 Nefunkční požadavky**

Nefunkční požadavky popisují další vlastnosti rozšíření, které přímo nesouvisí z její funkcionalitou.

### **NP1 – Využití specifikovaných nástrojů**

Rozšíření má splňovat kritéria dlouhodobé udržitelnosti. Je preferované, aby bylo rozšíření vyvíjeno s užitím stejných nástrojů a ve stejných programovacích jazycích jako je tomu u systému Moodle. Pokud to z nějakého důvodu není možné, obecně má struktura logické vrstvy rozšíření splňovat principy objektového programování, stejně tak i zvolený programovací jazyk (preferovanými jazyky jsou Java, případně Python). Jako nástroj pro vývoj prezentační vrstvy je preferovaný ReactJS, Vue.js, případně jiný podobný javascriptový framework. [21]

### **NP2 – Modifikovatelnost kódu**

Z požadavku NP1 vyplývá, že zdrojový kód rozšíření musí být modifikovatelný. Tím bude umožněno kód v budoucnu přizpůsobovat měnícím se potřebám systému Moodle a jeho uživatelů.

### **NP3 – Zabezpečení dat**

Rozšíření musí zabezpečit zpracovávání a uchovávání dat. Z velké části funkce rozšíření vyžadují citlivá data, ať už se jedná o informace o studentech a jejich studijních výsledcích nebo samotných testových úlohách. Zneužití těchto dat by mohlo vést k závažným negativním důsledkům. [21]

### NP4 – Dostupnost na webových prohlížečích

Rozšíření bude přístupné přes webové prohlížeče, bude responsivní a splňovat vlastnosti uživatelského rozhraní definovaných v sekci 1.5.2.2.

#### 1.5.5 Uživatelé

Rozšíření je určeno pro dva typy uživatelů:

- **Učitel** – jedná se o primárního uživatele, který figuruje ve většině uživatelských scénářů. Je definován rolí učitele v systému Moodle s právem úpravy určitého kurzu.
- **Student** – uživatel typu student přijde do styku s aplikací pouze ve scénáři S3. Je definován rolí studenta v systému Moodle zapsaného v určitém kurzu.

#### 1.5.6 Uživatelské scénáře

Interakce uživatelů s rozšířením lze rozdělit na tři základní scénáře. Jejich součástí jsou také konkrétní případy užití. V této sekci jsou popsány pouze obecně, podrobnější popis je uveden v příloze F této práce.

### S1 – Vytvoření offline testu

Učitel chce pro určitý předmět(kurz) připravit offline test. V systému Moodle přidá novou činnost – *offline test*. Následně vyplní potřebné údaje o testu a nastaví jeho parametry, zvolí typ testu se samostatným odpovědním archem. V editoru úloh připraví několik variant zadání, ke kterým přidá dříve vytvořené úlohy z databanky úloh. Výběr úloh provede z části pomocí náhodného výběru a zbytek pomocí manuálního výběru.

K jednotlivým zadáním přiřadí studenty, kteří jsou zapsaní k danému předmětu a kteří patří do skupiny navštěvující jeho cvičení. Vygeneruje soubor PDF s testovými zadáními a odpovědními archy pro jím vybrané studenty. Zkontroluje obsah souboru a následně jej vytiskne.

**UC1 – Vytvoření testu** Učitel vytvoří novou instanci offline testu se všemi jeho náležitostmi.

**UC2 – Tvorba testového zadání** Učitel v editoru definovaném požadavkem FP2 sestavuje z úloh testové zadání.

**UC3 – Přiřazení studentů k vytvořenému zadání** Učitel k vytvořeným variantám testu přiřadí studenty, kteří se mají testu zúčastnit.

**UC4 – Vygenerování PDF souborů** Učitel po provedení případů UC1 – UC3 pokračuje vygenerováním souborů ve formátu PDF určených k tisku a tyto soubory stáhne.

### **S2 – Vyhodnocení vyplněných testů**

V rámci zkouškového termínu učitel vybral od studentů jejich příslušné papírové testy s vyplněnými odpověďmi a tyto stránky poté naskenoval. Nyní je jeho cílem odpovědi studentů vyhodnotit. V systému Moodle zobrazí detail daného offline testu a pokračuje do sekce pro vyhodnocení výsledků. Soubory v aplikaci nahraje ve standardním formátu PNG a odešle je ke zpracování.

Po vyhodnocení výsledků zkontroluje, zda proběhlo automatizované vyhodnocování bez problému. V případě nejasně vyplněných odpovědí, učitel manuálně opraví nebo potvrdí studentem zaškrtnutá pole.

Učitel pokračuje k zobrazení výsledků jednotlivých studentů a následně si zobrazí statistickou analýzu odpovědí, které studenti v testu vyplnili.

**UC5 – Nahrání naskenovaných souborů** Učitel po naskenování vyplněných testů otevře detail daného testu v kurzu a nahraje naskenované snímky testů.

**UC6 – Manuální opravy automatizovaného vyhodnocení** Po UC5 rozšíření vyhodnotí nahrané soubory a v případě nejasných výsledků nabídne učiteli možnost manuálních oprav vyhodnocených odpovědí.

**UC7 – Souhrnné zobrazení výsledků testu** Učitel si zobrazí tabulku s výsledky jednotlivých studentů, které může případně revidovat.

**UC8 – Zobrazení analýzy odpovědí** Učitel si po vyhodnocení výsledků zobrazí souhrnné statistiky o odpovědích na jednotlivé otázky.

### **S3 – Zobrazení výsledku testu z pohledu studenta**

Student absolvoval zkouškový termín, ve kterém vyplnil odpovědi ve formátu OMR. Jakmile učitel naskenuje a vyhodnotí studentovi odpovědi (scénář S2) zobrazí se studentovi jeho výsledek v systému Moodle v sekci hodnocení. V závislosti na nastavení úrovně viditelnosti výsledků se studentovi zobrazí udělené body, případně doplněné o snímek odpovědního archu. Více informací o úrovních viditelnosti je uvedeno v požadavku FP1.

**UC9 – Zobrazit výsledek absolvovaného testu** Student po absolvování testu otevře sekci s vlastním hodnocením z náležícího kurzu. Dále si zobrazí výsledek testu v úrovni viditelnosti nastavené učitelem.

## 1.6 Návrh řešení

Tato sekce popisuje tři varianty řešení, které vzešly z předchozí rešerše. Dále obsahuje posouzení jejich vhodnosti na základě definovaných požadavků a důvody pro vyřazení jedné z nich.

### 1.6.1 Identifikované varianty řešení

Na základě znalostí z provedené teoretické rešerše byly identifikovány tři varianty řešení:

- *Integrace rozšíření Offline quiz*

V rámci této varianty by došlo k integraci existujícího rozšíření Moodle s názvem Offline quiz.

- *Integrace rozšíření ve formě webové aplikace*

V rámci této varianty by došlo k integraci nové webové aplikace s využitím open source OMR softwaru.

- *Integrace rozšíření ve formě placeného programu*

V rámci této varianty by došlo k integraci jednoho ze tří placených OMR softwarů, popisovaných v sekci 1.4.2.

### 1.6.2 Posouzení variant řešení na základě požadavků

#### 1.6.2.1 Kompatibilita s nefunkčními požadavky

	Offline quiz	Webová aplikace	Placené OMR programy		
			Remark	Verificare	Aspose
NP1 – Využití specifikovaných nástrojů	✓	✓	?	?	✓
NP2 – Modifikovatelnost kódu	✓	✓	✗	✗	✗
NP3 – Zabezpečení dat	✓	✓	✓	✓	✓
NP4 – Dostupnost na webových prohlížečích	✓	✓	✓	✗	✗

Tabulka 1.2: Porovnání kompatibility variant řešení s nefunkčními požadavky

V tabulce 1.2 je uvedeno porovnání kompatibility variant řešení s nefunkčními požadavky. Symbol ✓ uvádí, že v daný požadavek řešení splňuje nebo může po implementaci splňovat. Naopak symbol ✗ popisuje fakt, že řešení v současném stavu daný požadavek nespĺňuje a bez fundamentálních změn nelze rozšíření upravit tak, aby požadavku vyhovovalo.



Z výsledků porovnání je patrné, že pouze varianty Offline Quiz a webová aplikace splňují nároky všech nefunkčních požadavků. Placené systémy nesplňují požadavek NP2, který vyžaduje modifikovatelnost zdrojového kódu. S tím souvisí i symbol ? u požadavku NP1, který označuje, že díky uzavřenosti zdrojového kódu daného programu není možné získat specifikaci použitých nástrojů a programovacích jazyků. Z těchto důvodů proto nebude varianta placeného programu dále považována za uvažovanou variantu řešení. Více podrobností o tomto rozhodnutí je k nalezení v sekci 1.6.3.

### 1.6.2.2 Kompatibilita s funkčními požadavky

	Offline quiz	Webová aplikace
FP1 – Tvorba testu a jeho nastavení	✓	☑
FP2 – Editor úloh	✓	☑
FP3 – Unikátně označená zadání	☑	☑
FP4 – Vygenerování PDF zadání	✓	☑
FP5 – Nahrání oskenovaných souborů	☑	☑
FP6 – Revize strojového vyhodnocení odpovědí	✓	☑
FP7 – Zobrazení a zapsání výsledků	✓	☑
FP8 – Vygenerování analýzy testu	✓	☑
FP9 – Napojení na Moodle	✓	☑

Tabulka 1.3: Porovnání kompatibility variant řešení s funkčními požadavky

V tabulce 1.3 je uvedeno porovnání kompatibility variant řešení s funkčními požadavky. Symbol ✓ uvádí, že v současném stavu daný požadavek řešení splňuje. Naopak symbol ☑ popisuje fakt, že řešení v současném stavu daný požadavek nesplňuje, ale je možné tuto funkcionality implementovat.

Varianta řešení ve formě webové aplikace je nová a bez předchozí implementace, proto žádný z požadavků nemůže být v současném stavu splněn.

Varianta řešení Offline quiz většinu funkcionalit již obsahuje. Nesplňuje však požadavek FP3 tím, že pro identifikaci využívá číselné kódy, které jsou studenty vyplňovány ručně, a nenabízí funkci automatického označení zadání unikátním identifikátorem. Požadavek FP5 není splněn jen částečně, rozšíření v současném stavu neumožňuje nahrát více souborů najednou.

Detailnímu srovnání těchto dvou možností řešení se věnuje samostatná kapitola 4.

### 1.6.3 Důvody pro zamítnutí varianty s komerčním softwarem

Jak již bylo zmíněno v sekci 1.6.2.1, tato varianta byla zamítnuta, jelikož ani jeden ze zkoumaných placených programů nespĺňuje požadavek NP2. Dalšími důvody, které toto rozhodnutí podpořily, byly:

- Problematická implementace propojení se systémem Moodle, z důvodu omezení licence na konkrétního uživatele.
- Vyšší finanční náročnost v dlouhodobém časovém horizontu oproti alternativám, způsobená povinnými poplatky za využívání těchto softwarů.

Všechny tyto body byly diskutovány s vedoucím práce, který na jejich základě souhlasil s vyrazením této varianty z dalšího zkoumání.

## 1.7 Shrnutí analytické části

Analytická část se zaměřila na popis jednotlivých typů systémů pro správu výuky a detailně popsala systém Moodle včetně jeho rozšíření. Dále byl uveden výčet existujících open source a komerčních programů adaptující metodu OMR. Na základě této rešerše byla provedena analýza uživatelských požadavků, která identifikovala třináct požadavků a tři uživatelské scénáře.

Výsledný návrh řešení popsal tři varianty integrace nového rozšíření pro systém Moodle. Varianta rozšíření s komerčním programem byla pro další zkoumání zamítnuta, uvažovanými alternativami proto jsou pouze rozšíření Offline quiz a rozšíření ve formě webové aplikace. Aby bylo možné provést jejich porovnání, druhá varianta bude rozpracována do podoby *Proof of Concept*. Z tohoto důvodu se následující dvě kapitoly zabývají návrhem webové aplikace a implementací jejího prototypu. Detailní srovnání uvažovaných variant řešení je poté popsáno v samostatné kapitole 4.

---

## Návrh vlastního řešení

Tato kapitola detailně popisuje návrh varianty řešení ve formě webové aplikace.

### 2.1 Architektura

Pro návrh architektury byly zvažovány dva koncepty:

- *Jednotná aplikace* – v rámci tohoto konceptu by byl využit jeden aplikační rámec (framework). Ten by využíval principu třívrstvé architektury a zahrnoval by tak prezentační, aplikační i datovou vrstvu. Komunikace se systémem Moodle by probíhala pouze v rámci datové vrstvy.
- *Dva samostatné celky* – v rámci tohoto konceptu by došlo k oddělení prezentační a aplikační vrstvy do dvou samostatných částí využívajících vlastní aplikační rámce. Komunikace mezi nimi by probíhala přes API pomocí HTTP protokolů. Pouze „prezentační část aplikace“ by obstarávala komunikaci se systémem Moodle.

Z výše popsaných konceptů byl zvolen druhý, a to především z důvodu větší univerzálnosti použití. V rámci tohoto konceptu lze využít pouze jednu z vrstev samostatně, čímž se zvyšují možnosti využití aplikace více systémy (Moodle může případně využít pouze část aplikace na straně serveru, řešící výpočetní logiku a implementovat vlastní uživatelské rozhraní).

Návrh této architektury vychází z principu klient-server síťové architektury, ve kterém je server hostitelem, dodává a spravuje většinu prostředků a služeb, které klient spotřebuje. [49] Komunikaci mezi klientem a serverem zajišťuje aplikační rozhraní typu REST, které pomocí HTTP protokolů umožňuje přistupovat k datům a provádět nad nimi CRUD (tvorba, čtení, editace, smazání) operace. [50]

### 2.1.1 Technologie

Frameworků určených pro vývoj aplikací na straně klienta je několik. Jak uvádí práce [51] v roce 2019 mezi nejpobulárnější z nich patřily ReactJS, Angular nebo Vue.js, všechny vyvíjené v jazyce Javascript. Zmíněná práce porovnává tyto tři frameworky z hlediska popularity, učící křivky a výkonu. Protože jsou podle požadavku NP1 doporučovány ReactJS a Vue.js, byl výběr omezen pouze na tyto dva nástroje. Práce uvádí, že z hlediska výkonu a obtížnosti pochopení je lépe hodnocen Vue.js. ReactJS byl poté vyhodnocen jako nejpobulárnější.

Po konzultaci s vedoucím práce autor zvolil Vue.js jakožto framework pro klientskou část aplikace.

Logika na straně serveru vyžaduje OMR software, který dokáže provést potřebné operace jako jsou vytvoření a vyhodnocení testů. Na základě poznatků uvedených v kapitole 1 byl vybrán program SDAPS. Kritéria a způsob výběru jsou uvedeny v části 2.1.1.2.

Serverová část aplikace si dále žádá implementaci REST rozhraní. Pro tento účel byl zvolen framework Flask, který je, stejně jako program SDAPS, vytvořen v programovacím jazyce Python.

#### 2.1.1.1 Vue.js

Vue.js je open source framework vyvíjený v jazyce Javascript určený pro tvorbu plně funkčních webových aplikací. Autorem je Evan You, bývalý vývojář společnosti Google, který Vue.js poprvé představil v roce 2014. [52]

Vue.js patří mezi tzv. progresivní frameworky, umožňuje okamžitou integraci do již existujícího projektu bez nutnosti měnit dosavadní strukturu kódu. V kombinaci s širokou nabídkou podpůrných knihoven a moderních nástrojů umožňuje vývoj sofistikovaných jednostránkových aplikací. [53]

#### 2.1.1.2 Volba OMR Software

V rámci teoretické části byli popsáni jednotliví zástupci OMR softwarů. Z důvodů uvedených v sekci 1.6.3 nebyly do užšího výběru vzaty komerční softwary. Rozhodování tedy probíhalo pouze mezi zástupci z kategorie open source, jednalo se o programy *FormScanner*, *queXF*, *SDAPS* a *AMC*.

	FormScanner	queXF	SDAPS	AMC
FP3 – Unikátně označená zadání	✗	✗	✓	✗
FP8 – Vygenerování analýzy testu	✗	✗	✓	✗
NP1 – Využití specifikovaných nástrojů	✓	✓	✓	✗

Tabulka 2.1: Porovnání kompatibility OMR programů s vybranými požadavky

Z výsledků porovnání, uvedených v tabulce 2.1, je patrné, že pouze program SDAPS podporuje všechny vybrané požadavky. Pouze tento software nabízí funkci automatického označení zadání testu pro konkrétního účastníka a funkci vygenerování souhrnné analýzy testu.

Zvoleným OMR softwarem se proto stal program SDAPS. Na jeho detailní popis se již zaměřila sekce 1.4.1.1.

### 2.1.1.3 Flask

Flask je open source framework typu WSGI vytvořený v jazyce Python, který slouží k vytváření jednoduchých i rozsáhlých webových aplikací. [54]

V případě této práce je využita především jeho funkce pro tvorbu REST rozhraní.

## 2.1.2 Logika serverové části aplikace

Logika serverové části aplikace se skládá ze dvou segmentů:

- *Ovládací logika* – zastupuje roli uživatele, automatizuje volání SDAPS příkazů a vyhodnocování jejich výsledků. Stěžejní rolí této části je zprostředkování komunikace s aplikací klienta.
- *SDAPS* – tento OMR program zpracovává většinu výpočetních operací souvisejících s procesy tvorby a vyhodnocení testů. Jeho činnost řídí a kontroluje ovládací logika prostřednictvím definovaných příkazů.

### 2.1.2.1 Doménový model

Doménový model je uvedený na obrázku 2.1. Níže jsou popsány vlastnosti a význam jednotlivých entit.

#### **Kurz**

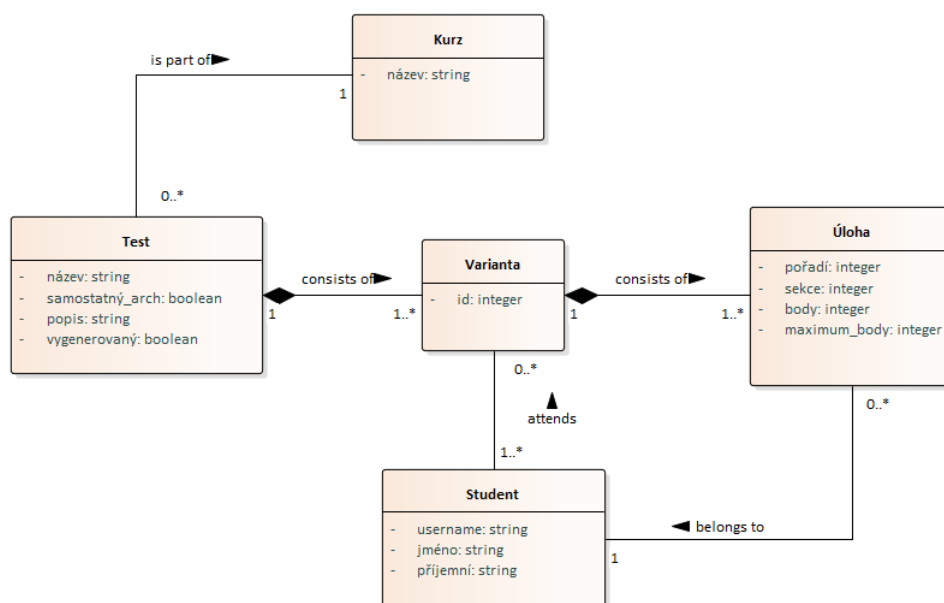
V rámci systému Moodle jsou uloženy kompletní informace o každém existujícím kurzu. Entita v doménovém modelu uchovává pouze atribut název. Aplikace ji využije pro seskupení testů.

#### **Test**

Test je pro aplikaci klíčová entita. Obsahuje data o názvu, popisu a formě testu, která uživatel vyplnil v průběhu UC1. Dále eviduje informaci o tom, zda již byl vytvořen PDF formulář určený k tisku. Test se skládá minimálně z jedné varianty zadání.

## 2. NÁVRH VLASTNÍHO ŘEŠENÍ

---



Obrázek 2.1: Doménový model

### Varianta

Varianta zadání tvoří entitu Test. Skládá se z alespoň jedné úlohy a musí k ní být přiřazen minimálně jeden student. Slouží k rozlišení jednotlivých variant zadání konkrétního testu.

### Úloha

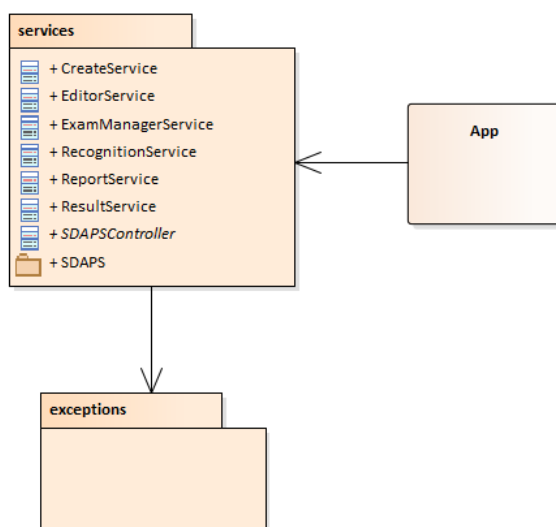
Úlohy tvoří každou variantu zadání. Entita obsahuje informace o umístění v příslušné variantě zadání testu (pořadí a sekce) a také o bodovém ohodnocení úlohy. Atribut *body* uvádí počet udělených bodů, které student za svou odpověď získal. Atribut *maximum\_body* náleží počtu bodů, které lze za správně zodpovězenou úlohu maximálně udělit.

### Student

Entita ukládá data o jménu, příjmení a username studenta. Aplikaci umožňuje uložit informace o seznamu studentů zapsaných ke konkrétní variantě testu a zobrazit studentovy výsledky.

### 2.1.2.2 Uchování dat

Případy užití, definované v příloze F, popisují, že uživatel bude mít možnost uložení stavu v aplikaci a vrácení se po určité době zpět. Pro tuto funkčnost není dostačující uchovávat data dočasně, jak to umožňuje klientská část aplikace, ale dlouhodobě i po odhlášení uživatele. Právě pro tento účel je vytvořen databázový model, popsáný v příloze C.



Obrázek 2.2: Návrhový model tříd

### 2.1.2.3 Návrhový model tříd

Na obrázku 2.2 je zobrazen základní třídní model serverové části aplikace, který obsahuje tři elementy:

- *Třída App* – slouží pro komunikaci s klientskou částí aplikace, implementuje REST rozhraní.
- *Balík služeb* – slouží pro komunikaci s programem SDAPS a pro vyhodnocování jeho výstupů. Každá ze služeb má specifický účel a komunikuje s třídou SDAPSController, která slouží pro volání příkazů OMR programu.
- *Balík výjimek* – obsahuje implementaci specifických výjimek.

### 2.1.3 Aplikační rozhraní

V rámci aplikace vzniknou dvě aplikační rozhraní – mezi klientskou a serverovou částí aplikace a mezi klientskou částí a systémem Moodle.

### 2.1.3.1 Klient-Server

Ke komunikaci mezi klientem a serverem dojde ve dvou případech:

1. Strana klienta odešle data o vytvořeném zadání testu. Server data zpracuje a klientovi odešle vygenerované formuláře.
2. Strana klienta odešle naskenované formuláře s odpověďmi. Server soubory zpracuje a klientovi odešle výsledky vyhodnocení včetně souhrnné analýzy.

### 2.1.3.2 Klient-Moodle

Ke komunikaci mezi klientem a systémem Moodle dojde v následujících případech:

1. Strana klienta požádá o data potřebná pro funkci editoru – úlohy z databanky a seznam studentů zapsaných k předmětu.
2. Strana klienta odešle opravené výsledky testu, které se zapíší do databáze Moodle.

Podrobnější návrh rozhraní je k dispozici v online dokumentaci [55] nebo ve formě textového souboru uloženém na příloženém CD.

## 2.2 Uživatelské rozhraní

Uživatelské rozhraní je součástí klientské části aplikace a systému Moodle. Návrh je koncipován tak, aby odpovídal uživatelským scénářům a případům užití definovaných v sekci 1.5.

### 2.2.1 Moodle

Výchozím bodem pro uživatele bude vždy Moodle. Je proto zapotřebí provést určité změny v systému, aby bylo dosaženo požadovaného propojení mezi ním a webovou aplikací.

#### 2.2.1.1 Funkční změny

Seznam činností bude obohacen o nový typ „Offline test“. Detail testu učitelé nabídne následující seznam odkazů na webovou aplikaci:

- *Tvorba zadání* – přesměruje uživatele na obrazovku *Editor*. Pokud test ještě nemá vyplněné základní údaje zadávané v rámci formuláře, přesměruje odkaz na obrazovku *Formulář*.
- *Formuláře ke stažení* – přesměruje uživatele na obrazovku *Formuláře ke stažení*.



- *Nahrání naskenovaných souborů* – přesměruje uživatele na obrazovku *Nahrání souborů*.
- *Výsledky* – přesměruje uživatele na obrazovku *Výsledky*.
- *Analýza výsledků* – přesměruje uživatele na obrazovku *Souhrnná analýza*.

Pokud uživatel klikne na odkaz na obrazovku, ke které nesplnil vstupní podmínky, zobrazí se ve webové aplikaci chybová hláška a uživatel bude následně přesměrován zpět.

Změny pro uživatele v roli studenta budou provedeny pouze v rámci zobrazení výsledku v sekci hodnocení. Detail výsledku offline testu bude obohacen o možnost zobrazit snímek naskenovaného odpovědního archu daného studenta.

### 2.2.1.2 Změny aplikačního rozhraní

Aplikační rozhraní Moodle bude nutné rozšířit pro případy uvedené v sekci 2.1.3.2.

## 2.2.2 Klientská část aplikace

Klientská část aplikace bude obsahovat celkem šest obrazovek, které budou přístupné prostřednictvím tlačítek v aplikaci nebo pomocí odkazu ze systému Moodle. Grafické rozhraní bude splňovat požadavky definované v sekci 1.5.2.2 – *přehlednost, srozumitelnost a nízká složitost provedení úkonů*.

	Uživatelský scénář	Případy užití	Související požadavky
Formulář	S1	UC1	FP1
Editor	S1	UC2, UC3	FP2, FP3
Formuláře ke stažení	S1	UC4	FP4
Nahrání souborů	S2	UC5	FP5
Výsledky	S2	UC6, UC7	FP6, FP7
Souhrnná analýza	S2	UC8	FP8

Tabulka 2.2: Zasazení obrazovek do kontextu uživatelských scénářů a požadavků

- *Formulář* – nejvýznamnějším prvkem této obrazovky bude formulář, který nabídne pole pro vyplnění údajů o testu a další možnosti jeho nastavení.
- *Editor* – součástí této obrazovky budou nástroje pro tvorbu zadání a přiřazení studentů.

## 2. NÁVRH VLASTNÍHO ŘEŠENÍ

---

- *Formuláře ke stažení* – obrazovka nabídne možnost stažení vygenerovaných formulářů.
- *Nahrání souborů* – obrazovka bude sloužit pro nahrání naskenovaných souborů.
- *Výsledky* – obrazovka nabídne zobrazení výsledků jednotlivých studentů a také nástroj pro případnou manuální korekci.
- *Souhrnná analýza* – obrazovka zobrazí vygenerovanou analýzu odpovědí.

---

## Implementace prototypu

Na základě návrhu vznikl prototyp webové aplikace. Jeho cílem je ověřit, zda je navrhované řešení formou webové aplikace uživatelsky akceptovatelné.

Obsah této kapitoly je věnován způsobu implementace a popisu současného stavu prototypu. Z důvodu omezeného rozsahu bakalářské práce se podrobnější popis jeho struktury a funkcí nachází v příloze D a dále ve formě dokumentovaného zdrojového kódu.

Kapitola se rovněž zaměřuje na výsledky provedeného uživatelského testování a na možnosti rozšíření tohoto prototypu.

### 3.1 Stav prototypu

Hlavní důraz byl kladen na tvorbu uživatelského rozhraní. Prototyp proto splňuje jen některé z definovaných funkčních požadavků. Nynější použití je omezeno na lineární průchod aplikací. Uložení dat probíhá pouze po vygenerování formuláře a nahrání naskenovaných souborů, a to s využitím složek generovaných programem SDAPS. Prototyp je schopen vygenerovat zadání ve formě společného zobrazení úloh a odpovědních polí, k tomu využívá pouze testovací data, jelikož propojení s Moodle není implementované.

Prototyp nyní lze využít pro automatizované vyhodnocení odpovědí, není však vybaven funkcí pro manuální korekci odpovědí.

V následující tabulce 3.1 je uveden seznam s požadavky, které jsou plně ✓ nebo částečně ☑ splněny. Požadavky se symbolem ✗ nebyly implementovány.

#### 3.1.1 Serverová část aplikace

Architektura serverové části aplikace dodržuje koncepci návrhu. Využívá framework Flask a program SDAPS. Diagram tříd zobrazující balík služeb, který je pro provoz aplikace zásadní, je k nalezení v příloze D. Podrobnější popis jednotlivých tříd a jejich metod je dostupný ve formě dokumentovaného zdrojového kódu, který je součástí přiloženého CD.

### 3. IMPLEMENTACE PROTOTYPU

FP1 – Tvorba testu a jeho nastavení	☑	FP8 – Vygenerování analýzy testu	✘
FP2 – Editor úloh	☑	FP9 – Napojení na Moodle	✘
FP3 – Unikátně označená zadání	☑	NP1 – Využití specifikovaných nástrojů	✓
FP4 – Vygenerování PDF zadání	✓	NP2 – Modifikovatelnost kódu	✓
FP5 – Nahrání oskenovaných souborů	☑	NP3 – Zabezpečení dat	☑
FP6 – Revize strojového vyhodnocení odpovědí	☑	NP4 – Dostupnost na webových prohlížečích	✓
FP7 – Zobrazení a zapsání výsledků	✓		

Tabulka 3.1: Stav implementace jednotlivých požadavků v rámci prototypu

#### 3.1.1.1 Instalace

Úspěšný proces instalace vyžaduje následující prerekvizity:

- *Operační systém Windows 10*
- *WSL 2*
- *Python 3.9*
- *Flask*

Instalační kroky jsou následující:

1. Spustíte program WSL 2 a nainstalujete stabilní verzi programu SDAPS pro linuxovou distribuci Ubuntu. Postupujte podle pokynů uvedených na stránce [25].
2. Otevřete složku server, která je součástí přiloženého CD viz. příloha B.
3. Pro spuštění aplikace otevřete soubor run.bat.
4. Spuštěný prototyp serverové části aplikace je k nalezení na adrese <http://127.0.0.1:5000/>.

#### 3.1.2 Klientská část aplikace

Uživatelské rozhraní obsahuje všechny obrazovky uvedené v sekci návrhu 2.2.2, vyjma obrazovky pro souhrnnou analýzu. Klientská část aplikace je implementována s využitím Vue.js a je členěna do dvou sekcí – *views* a *components*. Popis jednotlivých souborů a jejich obsahu je dostupný v příloze D.

V příloze E je dále k nalezení kompletní sbírka snímků obrazovky vytvořeného prototypu.

### 3.1.2.1 Instalace

Úspěšný proces instalace vyžaduje následující prerekvizity:

- *Node.js*

Instalační kroky jsou následující:

1. Otevřete složku client, která je součástí přiloženého CD viz. příloha B.
2. Pro spuštění aplikace otevřete soubor run.bat
3. Pokud provádíte instalaci poprvé, napište do terminálu písmeno „Y“ a potvrďte. Tímto se Vám nainstalují veškerá potřebná rozšíření.
4. Spuštěný prototyp klientské části aplikace je k nalezení na adrese `http://localhost:8080/`.

### 3.1.3 Použité nástroje

Kapitola 2 určila hlavní nástroje pro vývoj webové aplikace, které prototyp používá. Klientská část dále obsahuje následující knihovny a rozšíření:

- *Axios* – knihovna pro správu HTTP metod [56]
- *Bootstrap* – framework nabízející funkční prvky pro uživatelské rozhraní [57]
- *Font Awesome* – knihovna pro správu ikon [58]
- *Vue.Draggable* – rozšíření umožňující dynamické přesouvání položek v seznamu [59]
- *Vue Router* – rozšíření zajišťující směrování [60]
- *Vuex* – rozšíření pro správu dat [61]
- *SaSS - Syntactically Awesome Style Sheets* – rozšíření pro správu kaskádových stylů [62]

## 3.2 Uživatelské testování

Vzniklý prototyp byl podroben uživatelskému testování, které se zaměřilo na jeho uživatelskou přívětivost. Participantů při hodnocení uvedli několik podnětů k úpravám a případným rozšířením, které jsou popsány v následující sekci 3.3. Metodika a výsledky proběhlého testování popisuje závěrečná kapitola v sekci 4.1.

## 3.3 Rozšiřitelnost

Jak bylo již uvedeno, prototyp byl zaměřen především na tvorbu uživatelského rozhraní. Existuje proto široký prostor pro jeho další rozšíření. Budoucí změny aplikace by se přesto měly zaměřit na implementaci chybějících funkcí, které byly konkretizovány v požadavcích (tabulka 3.1). Patří mezi ně:

*FP1:* Nastavení viditelnosti výsledků testu, rozšíření typu zadání o rozdělené zobrazení úloh a odpovědních polí (viz sekce 1.4.1.3)

*FP2:* Funkce přidání úloh – přímé vytvoření, náhodné zvolení z kategorií

*FP3:* Vygenerovaný testový formulář obsahující jméno a příjmení studenta.

*FP5:* Funkce nahrání souborů ve formátu PNG a jejich identifikace podle QR kódu.

*FP6:* Implementace statické nebo grafické formy kontroly odpovědí. V současné podobě prototyp neobsahuje ani jednu z těchto dvou forem korekce chyb.

*FP8:* Funkce pro vygenerování analýzy testu spolu s přidáním obrazovky.

*FP9:* Implementace nutných změn v Moodle (sekce 2.2.1) a jeho propojení s webovou aplikací.

Je rovněž potřeba implementovat vlastní relační databázi aplikace, jelikož současný koncept uchovávání dat je pouze provizorní a dlouhodobě neudržitelný.

Participantů uživatelského testování dále opakovaně uvedli následující podněty mimo rozsah výše zmíněných požadavků:

- Zvýraznit přechodovou animaci symbolizující zpracování požadavku
- Zvýraznit funkce v editoru úloh
- Přidat funkci nápovědy

---

## Srovnání uvažovaných variant

Tato kapitola je zaměřena na srovnání dvou uvažovaných variant řešení – rozšíření Offline quiz a rozšíření ve formě webové aplikace z hlediska uživatelské přívětivosti a finanční náročnosti potřebných úprav.

Pro porovnání byla použita verze 3.8.1 rozšíření Offline quiz a prototyp webové aplikace, který byl detailně popsán v předchozí kapitole.

### 4.1 Testování uživatelské přívětivosti

Jelikož byla *uživatelská přívětivost* stanovena jako jeden z prioritních požadků v rámci analýzy FURPS+, bylo pro vyhodnocení této vlastnosti provedeno uživatelské testování. Podrobné výsledky a konkrétní odpovědi účastníků jsou uvedeny v příloze G.

#### 4.1.1 Metodika testování

Testování se účastnili čtyři participanté zastávající různé role v rámci Fakulty elektrotechnické ČVUT. Bylo rozděleno na dvě části odpovídající uživatelským scénářům S1 a S2, které byly definovány v sekci 1.5.6.

Testování proběhlo formou online hovoru prostřednictvím aplikace MS Teams, při kterém byla využita funkce vzdáleného řízení sdílené obrazovky. Díky těmto podmínkám testování nebyla měřena délka trvání jednotlivých úkonů, která závisela na kvalitě internetového připojení.

#### 4.1.2 Průměrně dosažené hodnocení

Participanté po dokončení každého uživatelského scénáře hodnotili aplikaci ve třech vlastnostech definovaných v sekci 1.5.2.2 – *přehlednost*, *srozumitelnost* a *složitost provedení úkonů*.

Evaluace byla provedena na číselné škále 1–5, kde číslo 1 náleželo nejhoršímu výsledku a číslo 5 nejlepšímu. Tabulka 4.1 uvádí průměrné hodnoty

u rozšíření Offline quiz a tabulka 4.2 průměrné hodnoty u prototypu webové aplikace.

	S1	S2
Přehlednost	2,75	2,75
Srozumitelnost	3,25	3,5
Nízká složitost provedení úkonů	3,25	3,5

Tabulka 4.1: Offline quiz – průměrné hodnocení uživatelů

	S1	S2
Přehlednost	4	4,25
Srozumitelnost	4	4
Nízká složitost provedení úkonů	4,5	4,75

Tabulka 4.2: Prototyp webové aplikace – průměrné hodnocení uživatelů

Podrobné výsledky jsou dále uvedeny v příloze G.

#### 4.1.3 Zhodnocení výsledků

Z výsledků vyplývá, že lépe přijata byla varianta prototypu webové aplikace, která získala průměrně lepší bodové ohodnocení ve všech zkoumaných vlastnostech. Uživatelé u ní přesto uvedli několik nedostatků a podnětů ke zlepšení. Opakovaně se vyskytla výhrada k chybějící funkci přidání náhodných úloh a výběru z kategorií, kladně byla naopak hodnocena funkce přesouvání položek mezi seznamy.

Rozšíření Offline quiz obdrželo méně bodů především z důvodů nepřehledného rozložení navigačních prvků a jejich nepřesného pojmenování. Uživatelé ale ocenili stávající funkce pro tvorbu zadání.

Hodnocení participantů vzájemně koreluje až na výjimku – participanta 4. Jedná se o uživatele s dlouhodobou zkušeností se systémem Moodle. Ten proto pozitivně hodnotil podobnost rozšíření Offline quiz s celkovou koncepcí Moodle, načež ostatní účastníci bez této zkušenosti hodnotili rozšíření spíše negativně.

Participantů shodně uvedli, že pro manuální korekci zaškrtnutých odpovědí nevyžadují grafickou interaktivní formu a postačí jim statická textová forma. Přesto by při případném výběru preferovali grafický editor.



Rozšíření Offline quiz je pro většinu participantů v současné formě použitelné. Většina by ale uvítala zlepšení přehlednosti uživatelského rozhraní. Ohledně metody identifikace studentova zadání, která je v tomto rozšíření řešena pomocí ručně vyplněného číselného identifikátoru, účastníci uvedli, že by spíše preferovali metodu automatického přiřazení studenta k zadání. Současná metoda může, podle některých, vést k větší chybovosti a dalším komplikacím, i přesto ji vnímají v rámci fakultního prostředí jako použitelnou.

## 4.2 Finanční analýza

V sekci 1.5 byly definovány požadavky, které bude řešení ve finální podobě splňovat. V současném stavu však všechny z nich nenaplnuje ani jedno z uvažovaných řešení. Analýza uživatelské přívětivosti také dále odhalila nedostatky v grafickém rozhraní u obou variant. Tato sekce proto analyzuje rozsah potřebných změn a odhad nákladů na jejich realizaci.

### 4.2.1 Metodika tvorby odhadu

Odhad nákladů na vývoj jednotlivých funkcí a dalších změn vznikl na základě dosavadních autorových znalostí o obou aplikacích. Pro určení náročnosti měřené v člověkohodinách byly brány v úvahu: současné možnosti aplikace, struktura a dokumentace zdrojového kódu a aktivita vývojářské komunity.

Uváděná náročnost předpokládá znalost struktury a procesů dané aplikace. Odhad nezahrnuje čas nutný k získání těchto informací, jelikož se jedná o individuální údaj závislejší na zkušenostech vývojáře. Je přesto důležité poznamenat, že tento náklad bude součástí jakéhokoli zvoleného řešení.

Výpočet finanční náročnosti je poté stanoven jako součin člověkohodin a průměrné hodinové mzdy na pozici programátora s průměrně čtyřletou pracovní zkušeností v Praze a okolí. Z dat agentury Grafton Recruitment uvedených v článku [63] byla průměrná částka stanovena na 550 Kč/h.

### 4.2.2 Offline quiz

Na základě tabulky tabulky 1.3 v sekci 1.6 a poznatků z předchozí sekce 4.1 byl sestaven odhad nákladů potřebných úprav pro rozšíření Offline quiz. Tabulka 4.3 je členěna do dvou částí – *backend* obsahující implementaci funkcí v rámci požadavků *FP3* a *FP5* a *frontend* popisující úpravy v uživatelském rozhraní.

Celková náročnost byla odhadnuta na **190 člověkohodin**, tedy **104 500 Kč**. Nejnáročnější je především funkce pro automatické označení testových zadání, která vyžaduje změny v procesu tvorby PDF souborů.

Implementaci změn komplikuje vlastnost rozšíření, která vyžaduje zachování základní struktury kódu pro možnost pravidelných aktualizací. Pokud má být tato vlastnost zachována, modifikace budou muset být provedeny s ohledem na současné funkce, čímž se stávají obtížnějšími na provedení. Odhad

#### 4. SROVNÁNÍ UVAŽOVANÝCH VARIANT

	Počet člověkohodin	Popis
<b>Backend</b>	<b>110</b>	
Automatické označení testových zadání	80	Přidání funkce pro automaticky předvyplněné identifikační číselné pole studenta. Přidání funkce pro přiřazení vybraných studentů k zadání.
Nahrání více souborů najednou	30	Rozšíření současné funkce o nahrání více souborů najednou.
<b>Frontend</b>	<b>80</b>	
Úprava rozložení navigačních prvků	40	Úprava navigačního menu, sjednocení umístění navigačních tlačítek
Úprava pojmenování tlačítek	5	Úprava strojově přeložených textů z angličtiny
Úprava zobrazení seznamů	10	Zpřehlednění seznamu úloh a studentů
Úprava umístění funkčních tlačítek	25	Zvýraznění funkčních tlačítek v rámci editoru úloh

Tabulka 4.3: Offline quiz – odhad náročnosti implementace

náročnosti proto závisí na zvoleném vývojovém postupu, pokud bude zvolena složitější varianta se zachováním možnosti aktualizace, výsledný počet člověkohodin může být vyšší než je současný odhad.

#### 4.2.3 Prototyp webové aplikace

Podle informací uvedených v sekci 3.3 byl sestaven odhad nákladů potřebných úprav pro prototyp webové aplikace. Tabulka 4.4 je členěna do dvou částí – *backend* obsahující implementaci převážné většiny funkčních požadavků a *frontend* popisující úpravy v uživatelském rozhraní.

Celková náročnost byla odhadnuta na **380 člověkohodin**, tedy **209 000 Kč**. V případě vývoje grafické formy kontroly odpovědí by odhadovaná pracnost vzrostla na 480 člověkohodin, které odpovídají 264 000 Kč. Vzhledem k povaze prototypu tvoří převážnou většinu potřebných změn backendová část.

### 4.3 Vyhodnocení

Srovnání uvažovaných variant bylo provedeno ve dvou oblastech – uživatelská přívětivost a finanční náročnost. V tabulce 4.5 je uveden přehled identifikovaných výhod a nevýhod jednotlivých řešení, které jsou podrobně popsány v navazujícím textu.

Uživatelské testování vyhodnotilo prototyp webové aplikace jako přívětivější ve všech zkoumaných vlastnostech. Participantů bez delších zkušeností

### 4.3. Vyhodnocení

	Počet člověkohodin	Popis
<b>Backend</b>	<b>350</b>	
Nastavení viditelnosti výsledků testu	40	Rozšíření formuláře o tuto funkci. Její součástí bude také funkce pro získání PNG snímků odpovědního archu konkrétního studenta
Funkce přidání úloh	40	Rozšíření editoru o funkci přidání úloh typu přímé vytvoření, náhodné zvolení z kategorií.
Vygenerovaný testový formulář obsahující jméno a příjmení studenta	40	Prototyp zadání rozlišuje pouze pomocí QR kódu. Je proto nutná úprava L <sup>A</sup> T <sub>E</sub> X formátování.
Funkce nahrání souborů ve formátu PNG	60	Prototyp podporuje nahrávání více souborů současně, je omezen na formát PDF. Je potřeba funkci rozšířit i o PNG soubory a implementovat automatickou identifikaci studenta ze snímku.
Implementace statické nebo grafické formy kontroly odpovědi	60	Prototyp obsahuje implementaci statické formy pouze v omezené míře. Klientská část aplikace nevyhodnocuje skutečná data, serverová část tuto funkci neobsahuje. V případě implementace grafické varianty bude náročnost vyšší přibližně o 100 člověkohodin
Funkce pro vygenerování analýzy testu	10	Prototyp funkci neobsahuje. Program SDAPS však tuto funkci přímo nabízí.
Implementace nutných změn v Moodle	100	Pro funkční aplikaci je nutné implementovat změny popsané v kapitole 2.2.1
<b>Frontend</b>	<b>30</b>	
Úprava zobrazení seznamů	20	Zpřehlednění seznamu úloh a studentů a úprava rozložení tlačítek v editoru.
Úprava přechodové animace	10	Zvýraznění přechodové animace, doplnění více informací o průběhu zpracování požadavku

Tabulka 4.4: Prototyp webové aplikace – odhad náročnosti implementace

se systémem Moodle vnímali prototyp pozitivněji. Naopak pro participanta, který s Moodle pracuje pravidelně, byl prototyp nepřehledný a jeho hodnocení bylo negativní. Z tohoto výsledku lze předpokládat, že varianta webové aplikace může oslovit nové uživatele a naopak může narazit na odpor současných pravidelných uživatelů, pokud nebude změněna koncepce grafického rozhraní více po vzoru Moodle.

Finanční analýza odhadla náročnost implementace webové aplikace do finálního stavu na minimálně 380 člověkohodin / 209 000 Kč, tedy více než u alternativy. Prototyp v současném stavu neobsahuje řadu požadovaných funkcí a je použitelný pouze pro specifické případy.

Struktura webové aplikace je nezávislá na konvencích Moodle, díky čemuž

#### 4. SROVNÁNÍ UVAŽOVANÝCH VARIANT

	Výhody	Nevýhody
Prototyp webové aplikace	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Přívětivé rozhraní pro nové uživatele</li> <li>+ Snazší modifikovatelnost</li> <li>+ Podpora automatického označení testových zadání</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Odlišné rozhraní pro stávající uživatele</li> <li>- Vyšší časová náročnost úprav (380 člh / 209 000 Kč)</li> <li>- Absence grafické formy manuálních oprav</li> <li>- V současném stavu nepoužitelný</li> </ul>
Offline quiz	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Použitelné i v současném stavu</li> <li>+ Nižší časová náročnost úprav (190 člh / 104 500 Kč)</li> <li>+ Podpora grafické formy manuálních oprav</li> <li>+ Snadná integrace</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Menší uživatelská přívětivost</li> <li>- Absence automatického označení testových zadání</li> <li>- Obtížnější modifikovatelnost</li> </ul>

Tabulka 4.5: Porovnání hlavních předností a nedostatků uvažovaných variant řešení

má oproti alternativě širší možnosti modifikace. Prototyp podporuje automatické označení testových zadání, které je uživateli preferované, naopak neobsahuje funkci manuální kontroly odpovědí v grafické formě.

Rozšíření Offline quiz bylo uživateli vyhodnoceno jako méně přívětivé. Jako hlavní nedostatek účastníci testování uvedli celkovou nepřehlednost rozhraní. I přes tuto vlastnost by však byli ochotni rozšíření v současném stavu použít.

Offline quiz patří mezi oficiální rozšíření Moodle, které je pravidelně udržováno a lze snadno integrovat. Aby bylo možné rozšíření pravidelně aktualizovat, musí být zachována základní struktura kódu. To oproti alternativě způsobuje obtížnější modifikovatelnost této varianty řešení. Rozšíření je úzce propojeno s jádrem Moodle, funkce rozšíření využívají standardní principy systému. Offline quiz je vybaven uživateli preferovaným grafickým editorem pro manuální opravy chyb, naopak neobsahuje požadovanou funkci pro automatické označení testových zadání. Její absence může způsobovat komplikace při identifikaci studentů, pro úspěšné přijetí tohoto rozšíření uživateli je proto její implementace důležitá.

Finanční analýza odhadla celkovou náročnost úprav na 190 člověkohodin / 104 500 Kč, tedy méně než u alternativy. Webová aplikace navíc beze změn není použitelná, zatímco Offline quiz lze využít i v neupravené podobě, která ovšem není pro uživatele plně vyhovující.

Pro úspěšnou integraci kterékoli varianty řešení je doporučeno vytvořit uži-

vatelský manuál. Zvolenou formou může být instruktážní video, interaktivní průvodce v rámci rozšíření nebo textový manuál doplněný snímky obrazovek. Jak bylo uvedeno v sekci 1.2.4, absence proškolených uživatelů výrazně snižuje šance na úspěšnou adaptaci LMS, což přeneseně platí také pro jeho rozšíření.

### 4.3.1 Souhrn

Varianta webové aplikace je náročnější na implementaci, která je nutná vzhledem k omezeným funkcím prototypu. Lze ji však snadno modifikovat podle měnících se požadavků uživatelů.

Varianta Offline quiz je v současném stavu použitelná. Obsahuje však nedostatky především v oblasti uživatelského rozhraní. Časová náročnost implementace je nižší než u alternativy. Úpravy přesto mohou být obtížné a ve výsledku nekonceptní.



---

## Závěr

Cílem této práce bylo analyzovat a navrhnout rozšíření informačního systému Moodle schopné vygenerovat a automatizovaně vyhodnotit testy v papírové podobě.

První kapitola této práce analyzovala systém Moodle, jeho vlastnosti, architekturu a možnosti modifikace, a identifikovala existující rozšíření systému s názvem Offline quiz, které svou funkcí odpovídá rozšíření definovaném v cíli práce.

Analytická část se rovněž zaměřila na dostupné technologie pro generování a automatizované vyhodnocování papírových testů. Rešerše prozkoumala současné možnosti a určila jako nejvhodnější metodu optické rozpoznávání značek – OMR. Nástroje vybavené touto technologií byly rozděleny do dvou samostatných kategorií – bezplatné (open source) a placené. V rámci každé kategorie bylo uvedeno několik zástupců, podrobně byl popsán open source program SDAPS, který byl později zvolen jako nejvhodnější pro implementaci varianty řešení v podobě samostatné webové aplikace.

Na základě provedené rešerše byly definovány požadavky, uživatelské scénáře a případy užití pro hledané rozšíření. Následně byly navrženy tři možné varianty řešení – využití existujícího rozšíření Moodle Offline quiz, rozšíření ve formě webové aplikace a rozšíření ve formě placeného programu. U každé varianty bylo uvedeno, zda vyhovuje jednotlivým požadavkům. Třetí zmíněná varianta byla díky nesplnění nefunkčních požadavků vyřazena z uvažovaných možností. Aby bylo možné zbývající dvě alternativy navzájem porovnat, práce se dále zaměřila na návrh řešení ve formě webové aplikace a na implementaci jeho prototypu do stavu *Proof of concept*.

Druhá kapitola se věnovala návrhu řešení v podobě webové aplikace. Navržená architektura vzešla z principu klient-server síťové architektury a aplikaci rozdělila na dvě samostatné části. Pro každou z nich poté určila vhodné technologie a nástroje k implementaci. Návrh serverové části aplikace poté popsal koncept reprezentace a uchování dat a propojení se systémem Moodle pomocí REST rozhraní. Návrh uživatelského rozhraní se věnoval změnám v systému

Moodle a popisu jednotlivých obrazovek v rámci klientské části aplikace.

Navazující třetí kapitola byla věnována implementaci prototypu webové aplikace. Ten vznikl na základě návrhu a v aktuálním stavu nabízí uživateli základní funkce pro vygenerování a vyhodnocení papírových testů. Na základě analýzy požadavků byl prototyp zaměřen především na implementaci grafického rozhraní. Díky této skutečnosti bylo možné provést uživatelské testování, které porovnálo dvě uvažované varianty z hlediska uživatelské přívětivosti.

Závěrečná část této bakalářské práce byla zaměřena na srovnání uvažovaných variant řešení z hlediska uživatelské přívětivosti a finančních nákladů. V rámci vyhodnocení byly u každé varianty uvedeny hlavní přednosti a nedostatky. Z porovnání však nevzniklo jasné doporučení, kterou z nich dále rozvíjet. Uvažované varianty jsou specifické a záleží na konkrétním manažerském rozhodnutí, do jaké míry nižší náklady varianty Offline quiz vykompenzují vyšší uživatelskou přívětivost a snazší udržitelnost webové aplikace. Kapitola 4 uvedla dostatečný výčet informací, které jsou relevantním podkladem pro výběr vhodné varianty řešení.

Zjednodušená verze této práce byla jako analýza podána vedení Fakulty elektrotechnické a správci Moodle, kterým bude sloužit jako podklad pro rozhodnutí o dalším vývoji tohoto rozšíření. Záměrem autora je dále pokračovat ve spolupráci na tomto tématu i po dokončení bakalářské práce a napomoci tak úspěšné integraci tohoto rozšíření do systému Moodle.



---

## Literatura

- [1] Al-Fraihat, D.; Joy, M.; Sinclair, J.: Identifying Success Factors for e-Learning in Higher Education. *Academic Conferences International Limited*, 06 2017: s. 247–255.
- [2] Al-Fraihat, D.; Joy, M.; Masa'deh, R.; aj.: Evaluating E-learning systems success: An empirical study. *Computers in Human Behavior Volume*, ročník 102, č. 1, 2020: s. 67–86, doi:<https://doi.org/10.1016/j.chb.2019.08.004>.
- [3] Doğançan Ülker, Y. Y.: Learning Management Systems and Comparison of Open Source Learning Management Systems and Proprietary Learning Management Systems. *Journal of Systems Integration*, ročník 7, č. 2, 2016: s. 18–24, ISSN 1804-2724, doi:<http://dx.doi.org/10.20470/jsi.v7i2.255>.
- [4] Lee, Y.-H.; Hsieh, Y.-C.; Hsu, C.-N.: Adding innovation diffusion theory to the technology acceptance model: Supporting employees' intentions to use e-learning systems. *Journal of Educational Technology & Society*, ročník 14, č. 4, 2011: s. 124–137.
- [5] Recker, J. C.: Reasoning about discontinuance of information system use. *Journal of Information Technology Theory and Application*, ročník 17, č. 1, 2016: s. 41–66.
- [6] Lohn, S.; Teasley, S. D.: Saving time or innovating practice: Investigating perceptions and uses of Learning Management Systems. *Computers & Education*, ročník 53, č. 3, 2009: s. 686–694, doi:<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2009.04.008>.
- [7] Eom, S. B.: Understanding e-Learners' Satisfaction with Learning Management Systems. *Bulletin of the IEEE Technical Committee on Learning Technology*, ročník 16, č. 2, 2014: s. 3–6.

- [8] Fathema, N.; Shannon, D.; Ross, M.: Expanding the Technology Acceptance Model (TAM) to examine faculty use of Learning Management Systems (LMSs) in higher education institutions. *Journal of Online Learning & Teaching*, ročník 11, č. 2, 2015: str. 211.
- [9] Kasim, N. N. M.; Khalid, F.: Choosing the Right Learning Management System (LMS) for the Higher Education Institution Context: A Systematic Review. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, ročník 11, č. 6, 2016: s. 55–61, ISSN 1863-0383, doi:<http://dx.doi.org/10.3991/ijet.v11i06.5644>.
- [10] Wichadee, S.: Factors Related to Faculty Members' Attitude and Adoption of a Learning Management System. *Turkish Online Journal of Educational Technology - TOJET*, ročník 14, č. 4, 2015: s. 53–61, ISSN EISSN-1303-6521.
- [11] Hullavarad, S.; O'Hare, R.; Roy, A.: Taming the information explosion with enterprise content management. *Information Management Journal*, ročník 49, č. 3, 2015: str. 40.
- [12] Mohorovi, S.; Tijan, E.; aj.: Using web content management systems in university e-commerce courses. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, ročník 5, č. 2010, 2010: str. 38.
- [13] Jurubescu, T.: Learning Content Management Systems. *Informatica Economica Journal*, ročník 12, č. 4, 2008: s. 91–94.
- [14] Srichanyachon, N.: EFL Learners' Perceptions of Using LMS. *Turkish Online Journal of Educational Technology - TOJET*, ročník 13, č. 4, 2014: s. 30–35, ISSN EISSN-1303-6521.
- [15] Docs, M.: About Moodle. [online], 2020. Dostupné z: [https://docs.moodle.org/39/en/About\\_Moodle](https://docs.moodle.org/39/en/About_Moodle)
- [16] Docs, M.: Moodle architecture. [online], 2018. Dostupné z: [https://docs.moodle.org/dev/Moodle\\_architecture](https://docs.moodle.org/dev/Moodle_architecture)
- [17] Docs, M.: Quiz settings. [online], 2021. Dostupné z: [https://docs.moodle.org/310/en/Quiz\\_settings](https://docs.moodle.org/310/en/Quiz_settings)
- [18] Docs, M.: Questions. [online], 2021. Dostupné z: <https://docs.moodle.org/310/en/Questions>
- [19] Docs, M.: Plugin contribution. [online], 2020. Dostupné z: [https://docs.moodle.org/dev/Plugin\\_contribution](https://docs.moodle.org/dev/Plugin_contribution)
- [20] Cooperation, A. M.: MC Offline Quiz. [online], 2020. Dostupné z: <https://www.academic-moodle-cooperation.org/en/module/offline-quiz>

- 
- [21] Rozhovor s Janem VESELÝM, vedoucím vývojářem týmu Moodle FEL. Praha 26.4.2021.
- [22] Saengtongsrikamon, C.; Meesad, P.; Sodsee, S.: Scanner-based optical mark recognition. *Information Technology Journal*, ročník 5, č. 1, 2009: s. 69–73.
- [23] SDAPS: SDAPS: Scripts for data acquisition with paper-based surveys. [online], 2021. Dostupné z: <https://sdaps.org/>
- [24] SDAPS: SDAPS: Scripts for data acquisition with paper-based surveys. [online], 2021. Dostupné z: <https://github.com/sdaps/sdaps>
- [25] SDAPS: Installation. [online], 2021. Dostupné z: <https://sdaps.org/install/>
- [26] SDAPS: Graphical User Interface for manual corrections. [online], 2021. Dostupné z: <https://sdaps.org/documentation/gui/>
- [27] SDAPS: Identifying Students. [online], 2021. Dostupné z: <https://sdaps.org/documentation/examinations#identifying-students>
- [28] SDAPS: sdapsclassic class. [online], 2021. Dostupné z: <https://sdaps.org/class-doc/sdapsclassic.html>
- [29] SDAPS: Getting Started. [online], 2021. Dostupné z: <https://sdaps.org/getting-started/>
- [30] SDAPS: Designing the Questionnaire. [online], 2021. Dostupné z: <https://sdaps.org/getting-started/design/>
- [31] SDAPS: Setting up a SDAPS Project. [online], 2021. Dostupné z: <https://sdaps.org/getting-started/setup/>
- [32] SDAPS: Printing and Scanning. [online], 2021. Dostupné z: <https://sdaps.org/getting-started/print-scan/>
- [33] SDAPS: Adding Scans to a Project. [online], 2021. Dostupné z: <https://sdaps.org/getting-started/add/>
- [34] SDAPS: Running the optical mark recognition. [online], 2021. Dostupné z: <https://sdaps.org/getting-started/recognize/>
- [35] SDAPS: Manual error correction. [online], 2021. Dostupné z: <https://sdaps.org/getting-started/correction/>
- [36] SDAPS: Exporting Data from a Project. [online], 2021. Dostupné z: <https://sdaps.org/getting-started/export/>

- [37] Bienvenüe, A.: About AMC. [online], 2019. Dostupné z: <https://www.auto-multiple-choice.net/index.en>
- [38] Bienvenüe, A.: An example with groups of questions and shuffling. [online], 2018. Dostupné z: <https://www.auto-multiple-choice.net/auto-multiple-choice.en/latex.shtml#latex.shuffle>
- [39] Šustek, P.: *Platforma pro zpracování formulářů pro zdravotnická zařízení*. Diplomová práce, Vysoké učení technické v Brně, 2019.
- [40] Inc., G.: Remark Test Grading. [online], 2021. Dostupné z: <https://remarksoftware.com/products/test-grading/>
- [41] Home, O.: VERIFICARE (OMR SOFTWARE). [online], 2016. Dostupné z: <https://www.omrhome.com/omr-software.php>
- [42] Aspose: Aspose.OMR for Java. [online], 2021. Dostupné z: <https://products.aspose.com/omr/java>
- [43] Media, S.: Remark Office OMR. [online], 2021. Dostupné z: <https://sourceforge.net/software/product/Remark-Office-OMR/#:~:text=Remark%20office%20OMR%20offers%20online,%2Fone%2Dtime%2Fuser.>
- [44] Home, O.: PRICING. [online], 2016. Dostupné z: <https://www.omrhome.com/price.php>
- [45] Aspose: Pricing Information. [online], 2021. Dostupné z: <https://purchase.aspose.com/pricing/omr/java>
- [46] Votava, O.: CourseWare Wiki. [online], 2020. Dostupné z: <https://cw.fel.cvut.cz/wiki/>
- [47] Rozhovor s Danielem VEČERKOU, vedoucím vývojářem týmu BRUTE. Praha 25.11.2020.
- [48] Eeles, P.: Capturing architectural requirements. *IBM Rational developer works*, 2005.
- [49] Techopedia: Client/Server Architecture. [online], 2021. Dostupné z: <https://www.techopedia.com/definition/438/clientserver-architecture>
- [50] Curtis, S.: REST vs. CRUD. [online], 2021. Dostupné z: <https://stevenpcurtis.medium.com/rest-vs-crud-ca5522bf3fc3>
- [51] Saks, E.: JavaScript Frameworks: Angular vs React vs Vue. *Haaga-Helia University*, 2019.

- 
- [52] Macrae, C.: *Vue.js: Up and Running: Building Accessible and Performant Web Apps*. "O'Reilly Media, Inc.", 2018.
- [53] Vue.js: Introduction. [online], 2021. Dostupné z: <https://vuejs.org/v2/guide/>
- [54] Flask: Foreword. [online], 2010. Dostupné z: <https://flask.palletsprojects.com/en/1.1.x/foreword/>
- [55] Švehla, A.: Moodle API for Apollo - web application project. [online], 2021. Dostupné z: <https://app.swaggerhub.com/apis/svehlab/Apollo/1.0.0>
- [56] Axios: axios. [online], 2021. Dostupné z: <https://github.com/axios/axios>
- [57] Bootstrap-vue: BootstrapVue. [online], 2021. Dostupné z: <https://github.com/bootstrap-vue/bootstrap-vue>
- [58] FontAwesome: Documentation. [online], 2021. Dostupné z: <https://github.com/FontAwesome/Font-Awesome>
- [59] Vue.Draggable: Vue.Draggable. [online], 2021. Dostupné z: <https://github.com/axios/axios>
- [60] Vue: Getting Started. [online], 2021. Dostupné z: <https://router.vuejs.org/guide/#html>
- [61] Axios: Vuex. [online], 2021. Dostupné z: <https://github.com/vuejs/vuex>
- [62] SaSS: Documentation. [online], 2021. Dostupné z: <https://sass-lang.com/documentation>
- [63] Wolf, K.: V kterých krajích si čeští ajťáci nejvíce vydělají? Nejvíc IT profesionálů hledá e-commerce. [online], 2020. Dostupné z: <https://www.lupa.cz/clanky/v-kterych-krajich-si-cesti-ajtaci-nejvice-vydelaji-nejvic-it-profesionalu-hleda-e-commerce/>



## Seznam použitých pojmů a zkratk

- LMS** – Learning management system
- CMS** – Content management system
- LCMS** – Learning content management system
- HTML** – HyperText Markup Language
- MOODLE** – Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment
- WSGI** – Web Server Gateway Interface
- AMC** – Auto Multiple Choice
- SDAPS** – Scripts for data acquisition with paper-based surveys
- QR** – Quick Response
- PDF** – Portable Document Format
- PNG** – Portable Network Graphics
- CSV** – Comma-separated values
- API** – Application Programming Interface
- REST** – Representational state transfer
- CRUD** – Create, read, update, and delete
- Backend** – serverová část aplikace (aplikační a datová vrstva)
- Frontend** – klientská část aplikace (prezentační vrstva)





---

## Obsah přiloženého CD

readme.txt .....	stručný popis obsahu CD
src	
├── server .....	zdrojové kódy implementace serverové části prototypu
├── client .....	zdrojové kódy implementace klientské části prototypu
├── thesis .....	zdrojová forma práce ve formátu L <sup>A</sup> T <sub>E</sub> X
├── api .....	složka s návrhem klient-Moodle API
├── screenshots .....	složka se snímky obrazovek
text .....	text práce
├── thesis.pdf .....	text práce ve formátu PDF



---

# Uchování dat webové aplikace

## C.1 Databázový model

Návrh databázového modelu C.1 vychází z doménového modelu uvedeného v sekci 2.1.2.1. Na základě požadavku 1.5.4, byl vhodným relačním databázovým systémem doporučen PostgreSQL, který v současné době fakultní Moodle používá. Níže jsou uvedeny vybrané entity a popis jejich atributů.

### Student

Atribut	Datový typ	Not null	Popis
username	varchar(50)	True	Identifikátor studenta
firstname	varchar(50)	True	Křestní jméno
lastname	varchar(50)	True	Příjmení

Tabulka C.1: Entita Student

### Variant

Atribut	Datový typ	Not null	Popis
id	integer	True	Identifikátor varianty

Tabulka C.2: Entita Variant

**Course**

Atribut	Datový typ	Not null	Popis
id	integer	True	Identifikátor kurzu
name	varchar(50)	False	Název předmětu

Tabulka C.3: Entita Course

**Exam**

Atribut	Datový typ	Not null	Popis
id	integer	True	Identifikátor testu
name	varchar(100)	True	Název testu
description	text	False	Volitelný popis testu
seperateForm	boolean	True	Pravda pokud je typ zadání rozděleno na zadání a odpovědní arch jinak nepravda
generated	boolean	True	Pravda pokud bylo vygenerováno PDF zadání

Tabulka C.4: Entita Exam

**Question**

Atribut	Datový typ	Not null	Popis
id	integer	True	Identifikátor úlohy
order	integer	True	Pořadí úlohy v rámci testu
section	integer	True	Umístění úlohy v rámci sekcí
points	integer	True	Udělené body za studentovu odpověď
maxPoints	integer	True	Maximální počet možných bodů za správnou odpověď

Tabulka C.5: Entita Question

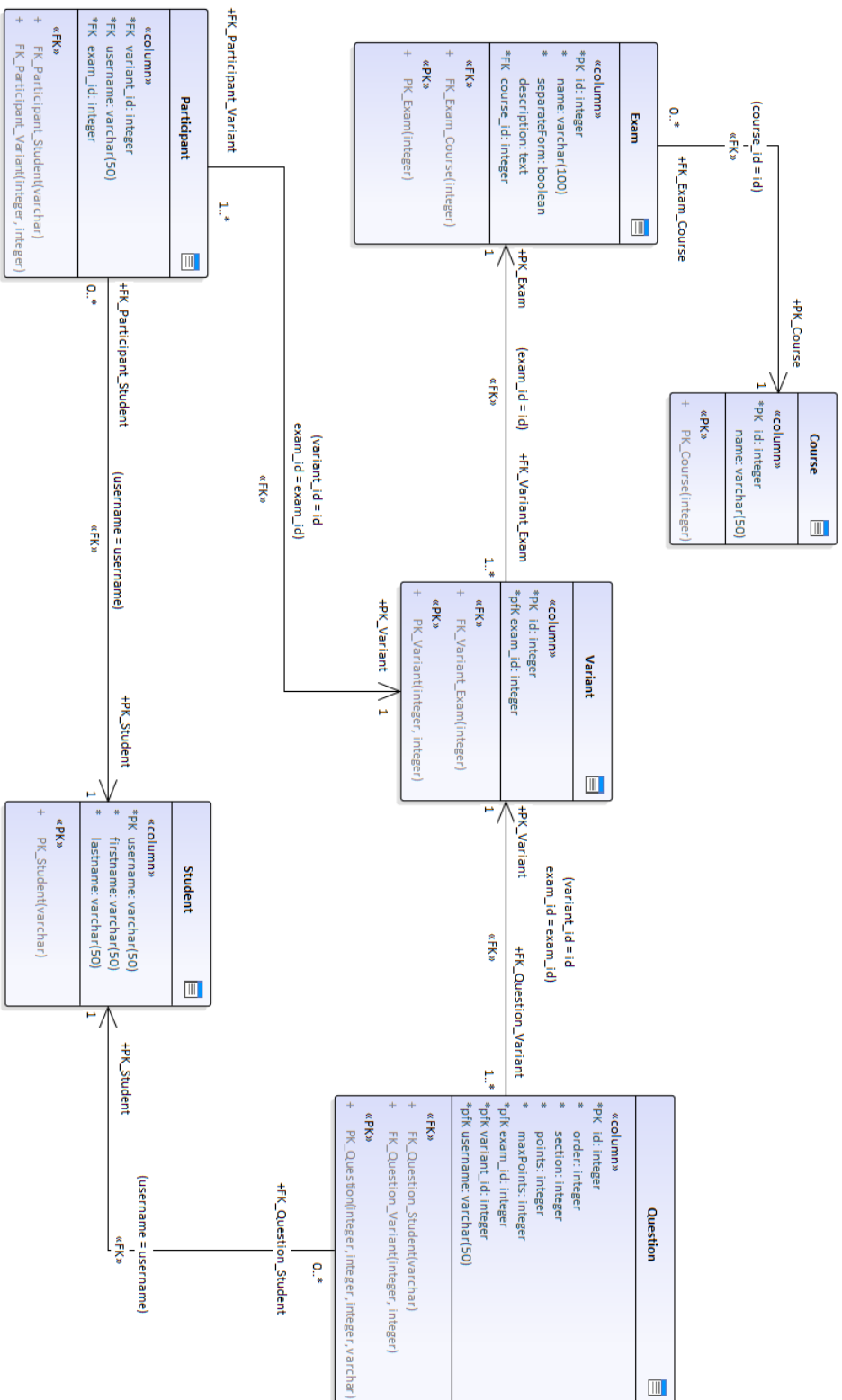
## C.2 Adresář SDAPS

Program SDAPS pro svou činnost vytváří vlastní složky tzv. „projekty“. V nich ukládá informace o vytvořených a naskenovaných souborech, o výsledcích rozpoznávání metodou OMR a o dalších proběhlých procesech. Aplikace bude se složkami pracovat v následující adresářové struktuře:

```
data
├─ course_[Course.id]
│   └─ exam_[Exam.id]
│       └─ variant_[Variant.id]
```

Hierarchie struktury je dána vzájemnými vztahy entit v doménovém modelu. Složky na stejné úrovni budou rozlišeny identifikátory příslušných entit, čímž dojde k propojení databáze a adresáře.

## C. UCHOVÁNÍ DAT WEBOVÉ APLIKACE



Obrázek C.1: Datábázový model

---

# Architektura prototypu

## D.1 Klientská část aplikace

Klientská část aplikace se skládá z dvou základních sekcí – *views* a *components*. V následující tabulky D.1 a D.2 popisují strukturu těchto sekcí a funkci každého souboru, které obsahují.

Soubor	Obsah
Home.vue	Vstupní obrazovka určená pro testovací účely.
Form.vue	Počáteční obrazovka scénáře S1, obsahuje formulář pro vyplnění údajů o testu
Editor.vue	Obrazovka obsahuje editor úloh a seznam studentů
Download.vue	Obrazovka určená pro stažení vygenerovaných PDF souborů
Upload.vue	Obrazovka určená pro nahrání naskenovaných odpovědních archů
Results.vue	Obrazovka zobrazující výsledky testu

Tabulka D.1: Architektura klientské části aplikace – *views*

Klientská část dále obsahuje pomocné složky, jejichž popis je uveden ve zdrojovém kódu aplikace.

## D.2 Serverová část aplikace

Tato sekce se zaměřuje na popis serverové části prototypu webové aplikace. Více podrobností je k nalezení ve zdrojovém kódu, který je uložen na příloženém CD.

## D. ARCHITEKTURA PROTOTYPU

Soubor	Kategorie	Obsah
DynamicList.vue	editorComponets	Dynamický seznam s úlohami sloužící pro sestavení zadání
EditorModal.vue	editorComponets	Modální okno pro výběr otázek, které lze přidat do zadání testu
StudentList.vue	editorComponets	Seznam studentů, kteří jsou k přiřazení k určitému zadání
FormGeneralInfo.vue	formSections	Část formuláře pro vyplnění jména a rozšiřující popis
FormLayoutType.vue	formSections	Část formuláře pro nastavení typu testu (v současném prototypu není funkční)
FormStudentGroup.vue	formSections	Část pro výběr skupiny studentů (v současném prototypu není funkční)
ResultTable.vue	resultComponents	Tabulka zobrazující výsledky studentů
ResultModal.vue	resultComponents	Modální okno s detailem výsledku konkrétního studenta
AnswerDetail.vue	resultComponents	Část zobrazení modálního okna – detail úlohy s odpověďmi a ohodnocením
ProgressBar.vue		Komponenta zobrazující navigační menu v rámci určitého uživatelského scénáře
QuestionModal.vue		Modální okno s detailem úlohy, textem otázky a nabídkou odpovědí

Tabulka D.2: Architektura klientské části aplikace – *components*

### D.2.1 Balík služeb

Balík služeb obsahuje celkem šest tříd. Každá ze služeb má unikátní účel. V následujících sekcích jsou třídy stručně popsány. Pro lepší ilustraci zobrazuje diagram D.1 vztahy v rámci balíku.

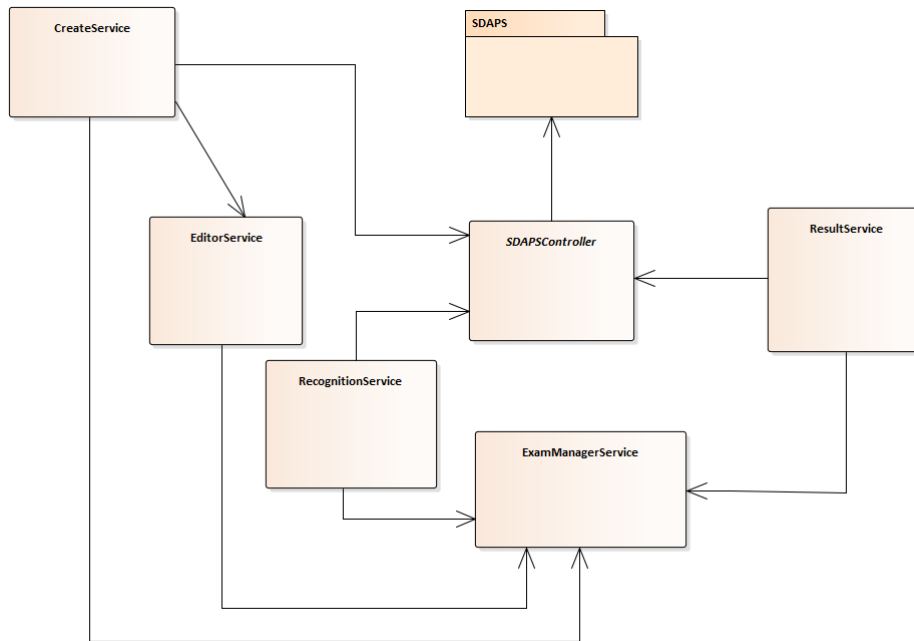
#### CreateService

Slouží k vytvoření testu. Je vyvolána během UC4, kdy jsou známá všechna potřebná data k vytvoření testového zadání v PDF souboru. Služba vytváří složku pro každou variantu testu, využívá *EditorService* pro tvorbu testového formuláře a spuštění procesu tvorby SDAPS projektu.

#### EditorService

Služba je zodpovědná za vytvoření  $\text{\LaTeX}$  souboru s vyplněnými informacemi o testu a seznamem otázek a odpovědí. Dále vytváří soubor *examstore.txt*, který slouží k uchování dat o úlohách pro pozdější proces vyhodnocení výsledků.





Obrázek D.1: Služby

### RecognitionService

Služba kontroluje, zda nahrané naskenované soubory splňují požadavky a následně spouští proces OMR rozpoznání značek.

### ResultService

Služba je zodpovědná za provedení procesu evaluace odpovědí. Data uložená v souboru *examstore.txt* porovnává s výsledky rozpoznávacího procesu. Každému studentovi opraví jednotlivé úlohy a klientské aplikaci vrátí data o celkových výsledcích daného testu.

### ExamManagerService

Služba obsahuje statické metody, které slouží pro provádění operací spojených se správou testů.

### SDAPSController

Třída slouží jako rozhraní pro volání příkazů programů SDAPS. Všechny služby s tímto programem komunikují pouze prostřednictvím SDAPSController. Třída pro volání příkazů využívá program WSL 2. Dlouhodobě však

bude nutné program SDAPS integrovat přímo do zdrojového kódu aplikace, jelikož aktuálně nabízené příkazy nebudou dostačovat požadavkům rozšíření.

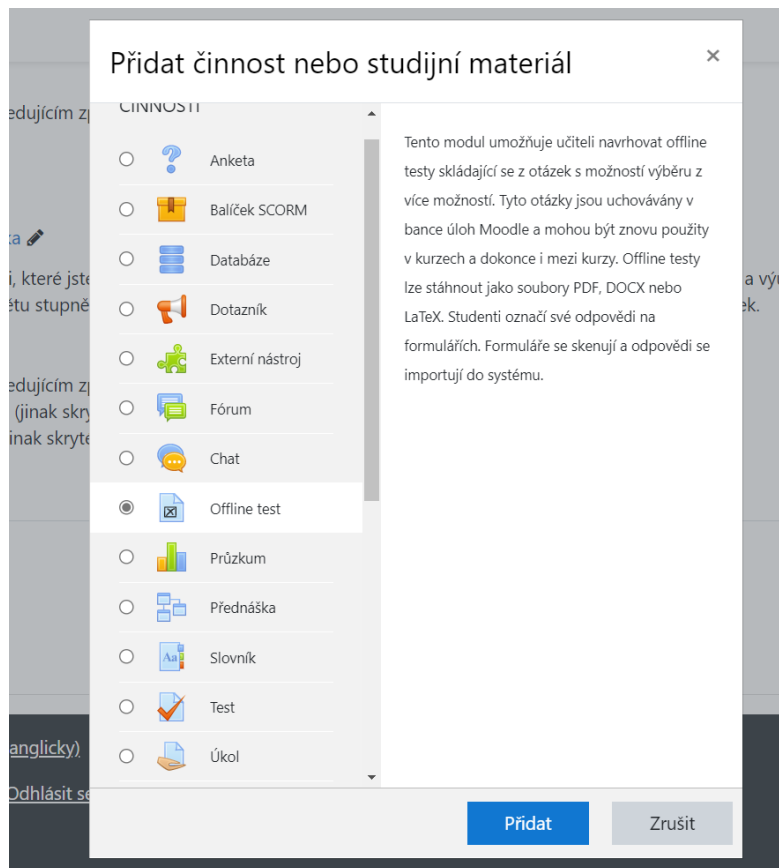
### D.2.2 Aplikační rozhraní

Aplikační rozhraní klient-server se skládá ze čtyř koncových bodů, které jsou uvedeny v následující tabulce.

Koncový bod	Popis
- POST /exam	Slouží pro vytvoření testové složky a formuláře
- GET /exam	Slouží pro získání PDF formulářů
- POST /results/<exam_id>	Slouží pro nahrání naskenovaných souborů pro rozpoznávací proces OMR
- GET /results/<exam_id>	Slouží pro získání vyhodnocených výsledků testu

Tabulka D.3: Koncové body klient-server rozhraní prototypu webové aplikace

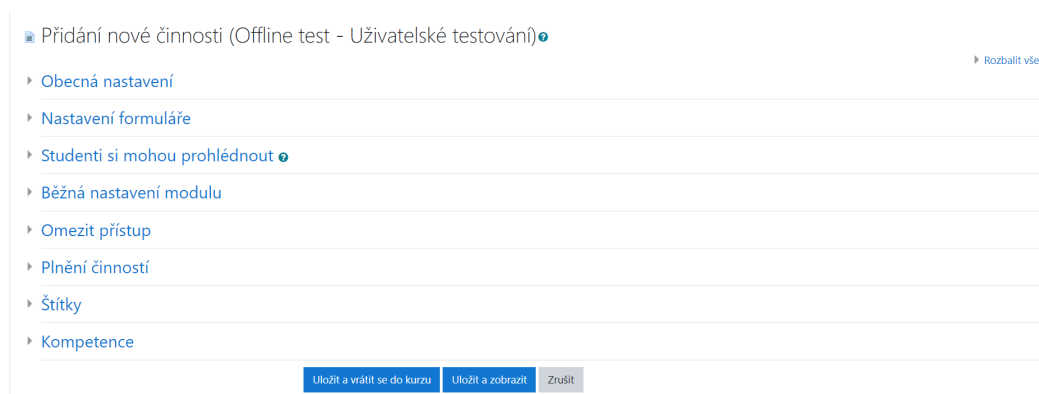
## Snímky obrazovek



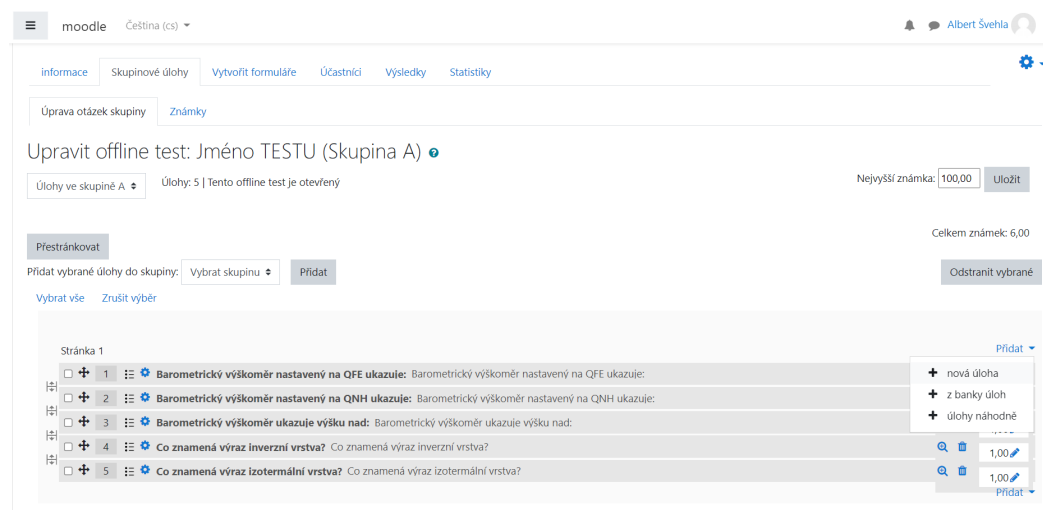
Obrázek E.1: Offline quiz – Vytvoření nového testu v rámci kurzu

## E. SNÍMKY OBRAZOVEK

---



Obrázek E.2: Offline quiz – Formulář pro nastavení testu



Obrázek E.3: Offline quiz – Editor úloh

**Formulář pro odpovědi**  
Pro automatickou analýzu

Křestní jméno: Příjmení: Podpis:	Autor	<b>Identifikátor účastníka</b> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td>0</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td>1</td></tr> <tr><td>2</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td>2</td></tr> <tr><td>3</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td>3</td></tr> <tr><td>4</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td>4</td></tr> <tr><td>5</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td>5</td></tr> <tr><td>6</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td>6</td></tr> <tr><td>7</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td>7</td></tr> <tr><td>8</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td>8</td></tr> <tr><td>9</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td>9</td></tr> </table>	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1	2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2	3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3	4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4	5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5	6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	6	7	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	7	8	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	8	9	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	9
0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0																																																																																																						
1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1																																																																																																						
2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2																																																																																																						
3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3																																																																																																						
4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4																																																																																																						
5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5																																																																																																						
6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	6																																																																																																						
7	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	7																																																																																																						
8	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	8																																																																																																						
9	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	9																																																																																																						

Skupina:    A  B  C  D  E  F

Tento formulář odpovědi bude naskenován automaticky. Prosím, neohýbejte ani nešpište.  
Pole označte černým nebo modrým perem:

Pouze jasná označení mohou být interpretována správně! Pokud chcete opravit označení, vyplňte pole zcela barvou. Toto pole bude interpretováno jako prázdné pole:

■

Opravené rámečky nelze znovu označit. Nepišete prosím nic mimo rámeček.

1)    a  b  c  d

2)    a  b  c  d

3)    a  b  c  d

4)    a  b  c  d

5)    a  b  c  d

6)    a  b  c  d

7)    a  b  c  d

8)    a  b  c  d

9)    a  b  c  d

10)    a  b  c  d

Obrázek E.4: Offline quiz – Ukázka části odpovědního archu

Meteorologie – letoun  
Nahrát výsledky

#	Identifikační číslo	Skupina	Stránka	Nahráno	Chyba	Informace	
<input type="checkbox"/>	1	0000002	B	1	20. April 2021, 18.30	Nejasné označení	Správně
<input type="checkbox"/>	2	XXXXXXXX	A	?	20. April 2021, 18.31	Nelze zachytít	Správně
<input type="checkbox"/>	3	00000X3	B	1	20. April 2021, 18.31	Uživatel neexistuje	Správně

[Vybrat vše / Odebrat vše](#)    [Smazat vybrané stránky](#)

**Nahrát formuláře odpovědí**

Soubor ZIP nebo obrázek

Vyberte soubor ...

↓

Pro nahrání souborů z vašeho počítače je přetáhněte sem.

Povolené typy souborů:

- Archív (ZIP) .zip
- Dokument PDF .pdf
- Obrázek (JPEG) .jpg
- Obrázek (PNG) .png
- Obrázek (TIFF) .tif .tiff

[Nahrát](#)

Obrázek E.5: Offline quiz – Část pro nahrání naskenovaných odpovědních archů

## E. SNÍMKY OBRAZOVEK

Daniel Hloušek (0000003) Stránka: 1/1 (Nejasné označení)

**Formulář pro odpovědi**  
Pro automatickou analýzu

Křestní jméno: Daniel  
Příjmení: Hloušek  
Podpis: [podpis]

Autor

Identifikátor účastníka  
0,0,0,0,0,0,3

Skupina: A  B  C  D  E  F

Tento formulář odpovědí bude naskenován automaticky. Prosím, nechybejte ani nešpičte. Pole označte černým nebo modrým perem.

Pouze jasná označení mohou být interpretována správně! Pokud chcete opravit označení, vyplňte pole zcela barvou. Toto pole bude interpretováno jako prázdné pole.

Opravené rámečky nelze znovu označit. Neplňte prosím nic mimo rámeček.

1)  a  b  c  d  
2)  a  b  c  d  
3)  a  b  c  d  
4)  a  b  c  d  
5)  a  b  c  d  
6)  a  b  c  d  
7)  a  b  c  d  
8)  a  b  c  d  
9)  a  b  c  d  
10)  a  b  c  d

0       0  
1       1  
2       2  
3       3  
4       4  
5       5  
6       6  
7       7  
8       8  
9       9

**Akce:**  
Zrušit  
Otočit  
Přizpůsobit  
Zkontrolovat ID skupiny/uživatele  
Uložit a zobrazit změny studentovi  
Uložit

Obrázek E.6: Offline quiz – Grafický editor oprav

Meteorologie – letoun  
Výsledky

Křestní jméno  A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S Š T U Ú V W X Y Z Ž

Příjmení  A Á B Č C Ď E ě F G H CH I Í J K L M N Ň O Ó P Q R Ř S Š T Ť U Ú Ú V W X Y Z Ž

<input type="checkbox"/>	Křestní jméno / Příjmení	ID	Nahráno	Skupina	Známka	přítomný
<input type="checkbox"/>	Helena Bilčíková	0000005	20. April 2021, 18.31	B	64.00	✓
<input type="checkbox"/>	Josef Cvrček	0000008	20. April 2021, 18.31	A	80.00	✓
<input type="checkbox"/>	Ladislav Hlína	0000007	20. April 2021, 18.31	B	20.00	✓
<input type="checkbox"/>	Jiří Klapal	0000009	20. April 2021, 18.31	A	24.00	✓
<input type="checkbox"/>	Jan Nesládek	0000006	20. April 2021, 18.31	B	60.00	✓
<input type="checkbox"/>	Michal Novotný	0000010	20. April 2021, 18.31	A	40.00	✓
<input type="checkbox"/>	Lenka Pavlíčková	0000012	20. April 2021, 18.31	A	40.00	✓
<input type="checkbox"/>	František Riegger	0000004	20. April 2021, 18.31	B	80.00	✓

Stáhnout výsledky jako:

Obrázek E.7: Offline quiz – Zobrazení výsledků testu

Formulář Editor Stáhnout

### Nastavení nového testu

Obecná nastavení

Název:

Popis:

Rozložení

Rozložení otázek a odpovědí:

Studenti

Vybrat skupinu studentů:

Pokračovat

Obrázek E.8: Prototyp webové aplikace – Formulář pro vytvoření testu

Formulář Editor Stáhnout

### Upravit obsah testu

Zadání 1

Sekce 1

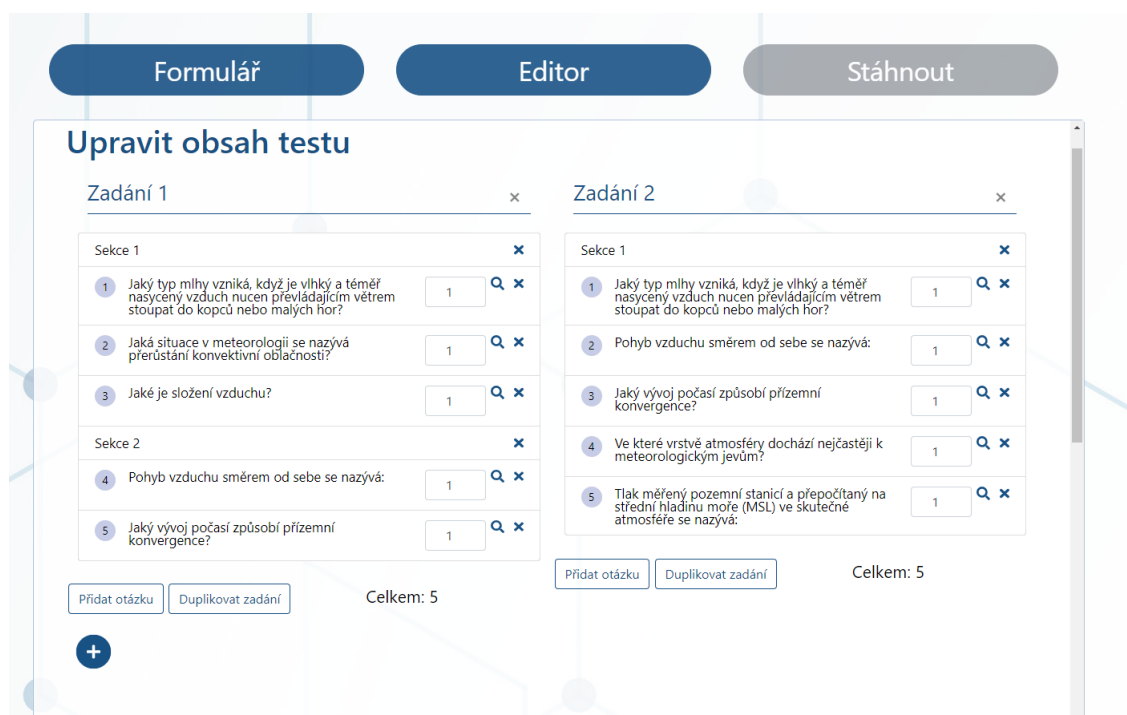
Přidat otázku Duplikovat zadání Celkem: 0

Upravit seznam studentů

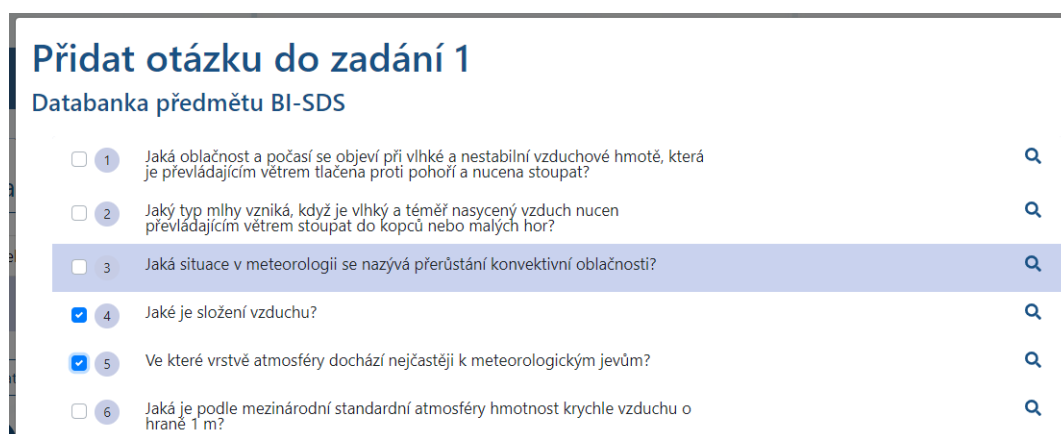
Skupina pro zadání 1

1	Klapal Jiří
2	Kotík Jaroslav
3	Šálek Emil

Obrázek E.9: Prototyp webové aplikace – Editor zadání bez přidání úloh testu

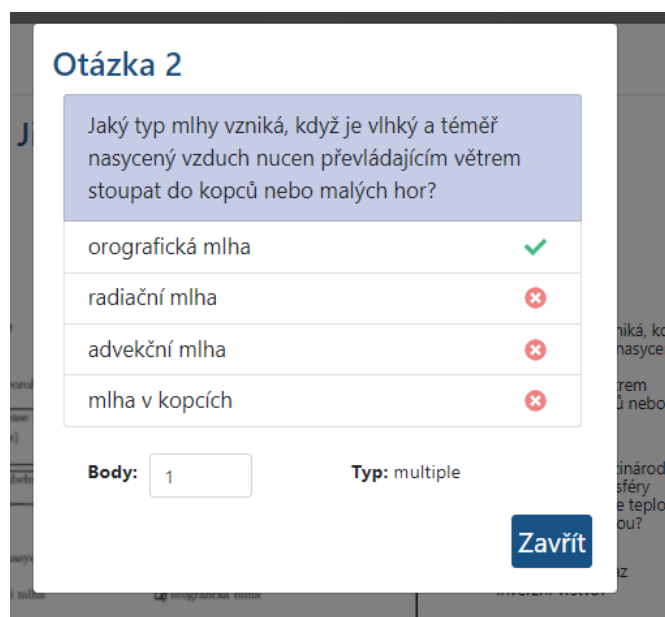


Obrázek E.10: Prototyp webové aplikace – Editor zadání

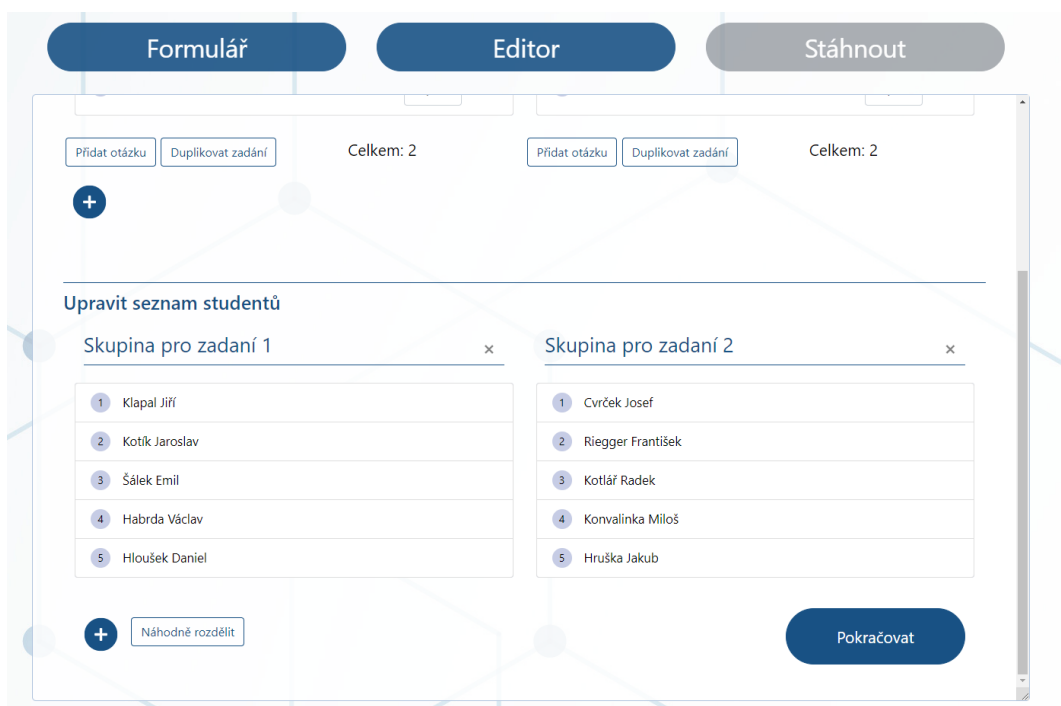


Obrázek E.11: Prototyp webové aplikace – Modální okno pro přidání úloh testu



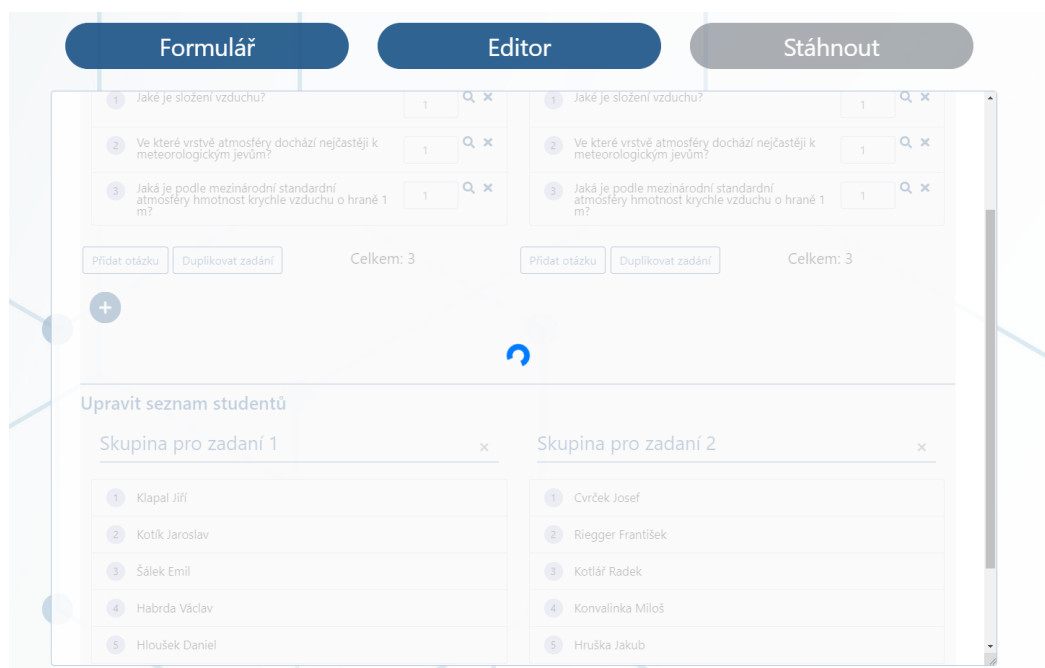


Obrázek E.12: Prototyp webové aplikace – Modální okno s podrobnostmi o úloze



Obrázek E.13: Prototyp webové aplikace – Seznam studentů

## E. SNÍMKY OBRAZOVEK



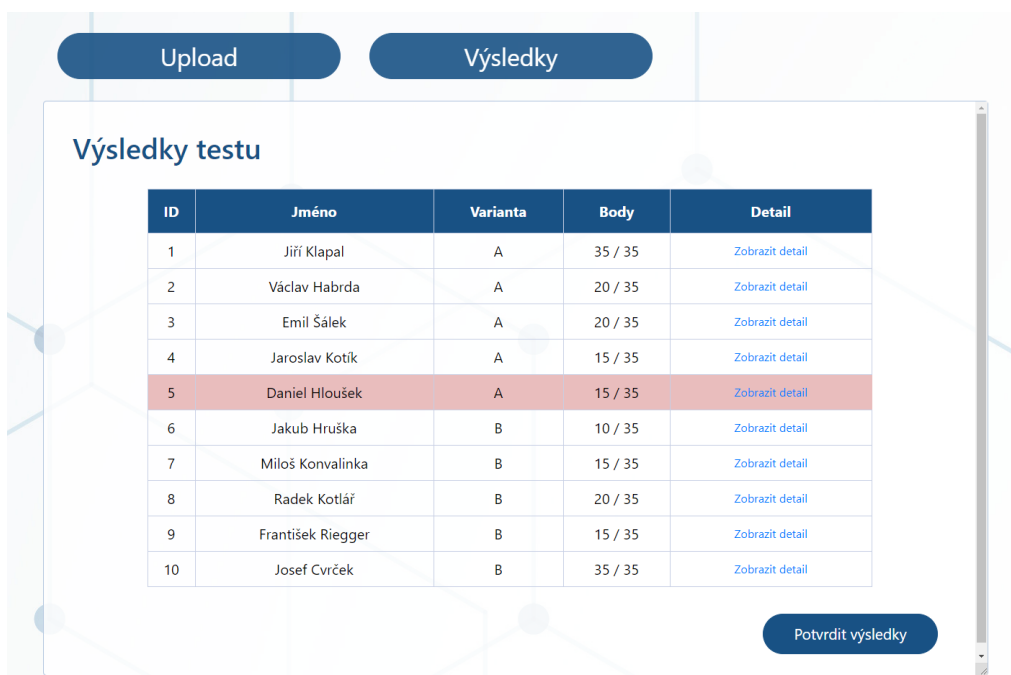
Obrázek E.14: Prototyp webové aplikace – Přejímová animace



Obrázek E.15: Prototyp webové aplikace – Obrazovka pro stažení PDF formulářů



Obrázek E.16: Prototyp webové aplikace – Obrazovka pro nahrání odpovědních archů



Obrázek E.17: Prototyp webové aplikace – Obrazovka s výsledky testu

## E. SNÍMKY OBRAZOVEK

### Detail testu studenta - Jiří Klapal

**Username:** jikla  
**Jméno:** Jiří Klapal  
**Zadáni:** A  
**Dosažený počet bodů:** 35  
**Maximální počet bodů:** 35

Jiří Klapal A

Meteorologie - letoun

This questionnaire is evaluated automatically. Please use a pen to fill in your answers as follows:  
 Multiple-choice (select all applicable options)     Selected     Undo select  
 Single-choice (select only one option)     Selected     Undo select

Na tisk máte 20 minut. Pokud budete mít v průběhu testu jakékoli dotazy, zvedněte ruku, zkontrolujte si Vaši nejasnosti vyřeší bez rušení ostatních.

#### 1 Sekce 1

1.1 Jaký typ mlhy vzniká, když je vlhký a téměř nasycený vzduch nucen převládajícím větrem stoupat do kopců nebo malých hor?  
 radiční mlha     advekční mlha     orografická mlha  
 mlha v kopcích

1.2 Jak se podle mezinárodní standardní atmosféry mění v troposféře teplota s narůstající výškou?  
 narůst o 2 C / 100 m     pokles o 2 C / 1000 ft     pokles o 2 C / 100 m  
 narůst o 2 C / 1000 ft

1.3 Co znamená výraz inverzní vrstva?  
 vrstva v atmosféře, kde teplota klesá s rostoucí výškou     vrstva v atmosféře, kde teplota roste s rostoucí výškou     vrstva v atmosféře, kde je teplota konstantní s rostoucí výškou  
 hranicní vrstva mezi dvěma jinými vrstvami atmosféry

1.4 Tlak měřený pozemní stanicí a přepočítaný na střední hladinu moře (MSL) ve skutečné atmosféře se nazývá:  
 QNH     QFE     QNE  
 QFF

1.5 Výsledek lze přezkoušet na zemi nastavením:  
 QFF a porovnaním indikace s nadmořskou výškou letiště     QNH a porovnaním indikace s nadmořskou výškou letiště     QFE a porovnaním indikace s nadmořskou výškou letiště  
 QNE a kontrolou, že ukazuje 0

1.6 Jaká síla způsobuje vítr?  
 Coriolisova síla     odstredivá síla     termální síla  
 síla tlakového gradientu

1.7 Jaký vývoj počasí způsobí přízemní konvergence?  
 klesající vzduch a rozpouštění oblačnosti     klesající vzduch a tvorba oblačnosti     stoupající vzduch a rozpouštění oblačnosti  
 stoupající vzduch a tvorba oblačnosti

1.1 Jaký typ mlhy vzniká, když je vlhký a téměř nasycený vzduch nucen převládajícím větrem stoupat do kopců nebo malých hor? 5 / 5

1.2 Jak se podle mezinárodní standardní atmosféry mění v troposféře teplota s narůstající výškou? 5 / 5

1.3 Co znamená výraz inverzní vrstva? 5 / 5

1.4 Tlak měřený pozemní stanicí a přepočítaný na střední hladinu moře (MSL) ve skutečné atmosféře se nazývá: 5 / 5

1.5 Výškoměr lze přezkoušet na zemi nastavením: 5 / 5

1.6 Jaká síla způsobuje vítr? 5 / 5

1.7 Jaký vývoj počasí způsobí přízemní konvergence? 5 / 5

Potvrdit a zavřít

Obrázek E.18: Prototyp webové aplikace – Modální okno s detailem výsledku konkrétního studenta

*Meteorologie - letoun*

This questionnaire is evaluated automatically. Please use a pen to fill in your answers as follows:

Multiple-choice (select all applicable options)      Selected      Undo select  
 Single-choice (select only one option)      Selected      Undo select

Na test máte 20 minut. Pokud budete mít v průběhu testu jakékoli dotazy, zvednete ruku, zkontrolují s Vámi nejasnosti vyřeší bez rusení ostatních.

---

**1 Sekce 1**

1.1 Jaký typ mlhy vzniká, když je vítrky a tenze nasyceny vzduch naven převládajícím větrem stoupat do kopce nebo malých hor?

radiční mlha      sčvekání mlha      orografická mlha  
 mlha v kopcích

1.2 Jak se podle mezinárodní standardní atmosféry mění v troposféře teplota s narůstající výškou?

narůst o 2 C / 100 m      pokles o 2 C / 1000 ft      pokles o 2 C / 100 m  
 narůst o 2 C / 1000 ft

1.3 Co znamená výraz inverzní vrstva?

vrstva v atmosféře, kde teplota klesá s rostoucí výškou      vrstva v atmosféře, kde teplota roste s rostoucí výškou      vrstva v atmosféře, kde je teplota konstantní s rostoucí výškou  
 hranici vrstva mezi dvěma jinými vrstvami atmosféry

1.4 Tlak měřený pozemní stanicí a přepočítaný na střední hladinu moře (MSL) ve skutečné atmosféře se nazývá:

QNH      QFE      QNE  
 QFF

1.5 Výškoměr lze přezkoušet na zemi nastavením:

QFF a porovnáním indikace s nadmořskou výškou letiště      QNH a porovnáním indikace s nadmořskou výškou letiště      QFE a porovnáním indikace s nadmořskou výškou letiště  
 QNE a kontrolou, že ukazuje 0

1.6 Jaka síla způsobuje vítr?

Coriolisova síla      odstředivá síla      termální síla  
 síla tlakového gradientu

vzduch nucen převládajícím větrem stoupat do kopců nebo malých hor?

1.2 Jak se podle mezinárodní standardní atmosféry mění v troposféře teplota s narůstající výškou?  / 5 [Q](#) [↗](#)

1.3 Co znamená výraz inverzní vrstva?  / 5 [Q](#) [↗](#)

1.4 Tlak měřený pozemní stanicí a přepočítaný na střední hladinu moře (MSL) ve skutečné atmosféře se nazývá:  / 5 [Q](#) [↗](#)

**Vyplněné odpovědi:** b     **Hodnocení:** 0  
**Správné odpovědi:** d     **Úspěšnost:** 0%

1.5 Výškoměr lze přezkoušet na zemi nastavením:  / 5 [Q](#) [↗](#)

1.6 Jaká síla způsobuje vítr?  / 5 [Q](#) [↗](#)

Obrázek E.19: Prototyp webové aplikace – Podrobnosti o opravené úloze



---

## Případy užití

V této příloze jsou uvedeny detaily jednotlivých případů užití, popisovaných spolu s uživatelskými scénáři v kapitole 1.5.6. Případy jsou rozděleny do tří částí odpovídající uživatelským scénářům S1 – S3.

### F.1 S1 – Vytvoření offline testu

#### UC1 – Vytvoření testu

- Aktéři: Učitel
- Konečný stav: Vytvořená instance objektu offline test v určitém kurzu
- Způsoby vyvolání:
  1. UC je vyvolán při kliknutí na ikonu offline testu v nabídce nové činnosti kurzu v rámci systému Moodle
- Hlavní scénář:
  1. Učitel rozklikne detail kurzu v Moodle, ke kterému má práva na editaci
  2. Učitel zapne režim úprav a v rámci libovolného tématu klikne na možnost „Přidat činnost nebo studijní materiál“
  3. Učiteli se zobrazí modální okno s nabídkou činností, ze které zaškrtně pole pro offline test a klikne na tlačítko „Potvrdit“.
  4. Zobrazí se formulář s hodnotami pro vyplnění. Učitel hodnoty vyplní. Povinné hodnoty specifikuje požadavek FP1.
  5. Učitel pokračuje do sekce editoru úloh.
  6. Systém uloží instanci offline testu a přesměruje uživatele na stránku s detailem testu.

- Alternativní scénáře:
  - 5b. Učitel stiskne tlačítko uložit a dále nepokračuje ve scénáři S1.
  - 6b. Systém uloží instanci offline testu a přesměruje uživatele na úvodní stránku kurzu.
- Výjimečné scénáře:
  - 5b. Učitel nevyplní povinné hodnoty a systém neumožní stisknutí tlačítek.

### UC2 – Tvorba testového zadání

- Aktéři: Učitel
- Konečný stav: Instance objektu offline test má definovaný počet variant zadání. Každé zadání má přiřazené rozložení konkrétních úloh a sekcí.
- Způsoby vyvolání:
  1. UC je vyvolán při pokračování z formuláře v rámci UC1.
  2. UC je vyvolán při kliknutí na tlačítko „Editor úloh“ umístěném na stránce detailu offline testu.
- Hlavní scénář:
  1. Učitel se zobrazí stránka s editorem zadání, kde navolí počet variant.
  2. Do každé z variant přidá libovolný počet otázek různými způsoby definovanými v požadavku FP2.
  3. Úlohám nastaví jiné bodové ohodnocení, pokud mu stávající nevyhovuje. Určí maximální počet bodů z celého testu.
  4. Jakmile je se sestavou úloh v zadání testu spokojen, učitel dále pokračuje do sekce s přiřazením studentů.
- Alternativní scénáře:
  - 4b. Jakmile je se sestavou úloh v zadání testu spokojen, učitel uloží zadání a dále nepokračuje ve scénáři S1.

### UC3 – Přiřazení studentů k vytvořenému zadání

- Aktéři: Učitel
- Konečný stav: Všechny varianty zadání mají přiřazený seznam studentů.
- Způsoby vyvolání:



1. UC je vyvolán pokračováním z editoru definovaném v UC2.
  2. UC je vyvolán při kliknutí na tlačítko „Přiřazení studentů“ umístěném na stránce detailu offline testu.
- Hlavní scénář:
    1. Učitel zobrazí seznam studentů, který lze dále filtrovat podle skupiny definované v Moodle.
    2. Učitel každé variantě přiřadí studenty podle vlastního výběru.
    3. Učitel pokračuje do sekce pro vygenerování PDF souborů.
  - Alternativní scénáře:
    - 3b. Učitel uloží seznamy přiřazených studentů a dále nepokračuje ve scénáři S1.

#### UC4 – Vygenerování PDF souborů

- Aktéři: Učitel
- Vstupní podmínky:
  1. Každá z variant zadání obsahuje alespoň jednu úlohu.
  2. Každá z variant zadání má přiřazeného alespoň jednoho studenta.
- Konečný stav: Jsou vygenerovány soubory ke stažení, které odpovídají hodnotám, které učitel nastavil v případech UC1 – UC3.
- Způsoby vyvolání:
  1. UC je vyvolán pokračováním ze sekce přiřazení studentů definovaném v UC3.
  2. UC je vyvolán při kliknutí na tlačítko „Vygenerovat formuláře“ umístěném na stránce detailu offline testu.
- Hlavní scénář:
  1. Učitel zobrazí stránku se všemi relevantními soubory ke stažení
  2. Učitel tyto soubory stáhne do vlastního počítače.

## F.2 S2 – Vyhodnocení vyplněných testů

#### UC5 – Nahrání naskenovaných souborů

- Aktéři: Učitel
- Vstupní podmínky:

1. Dříve již byly vygenerovány formuláře daného testu.
- Konečný stav: Soubory jsou úspěšně nahrány a připraveny k automatizovanému vyhodnocení.
- Způsoby vyvolání:
  1. UC je vyvolán při kliknutí na tlačítko „Nahrát formuláře odpovědí“
- Hlavní scénář:
  1. Učitel se zobrazí stránka s možností nahrát více souborů.
  2. Učitel ve svém adresáři vybere soubory odpovídající naskenovaným testům s odpověďmi a nahraje je do systému.
  3. Po úspěšném nahrání souborů učitel pokračuje stisknutím tlačítka „Opravit“.
- Výjimečné scénáře:
  - 2b. Pokud jsou soubory neplatného formátu, systém upozorní učitele a požádá ho o opětovné nahrání validních souborů.

### **UC6 – Manuální opravy automatizovaného vyhodnocení**

- Aktéři: Učitel
- Vstupní podmínky:
  1. Musel dříve proběhnout UC5 a s ním spojený proces automatizovaného vyhodnocení.
  2. Při procesu automatizovaného vyhodnocení se vyskytlo alespoň jedno nejasně vyhodnocené pole.
- Konečný stav: Testy s nejasně zaškrtnutými odpověďmi jsou manuálně opraveny.
- Způsoby vyvolání:
  1. UC je vyvolán při kliknutí na tlačítko „Manuální oprava vyhodnocení“ umístěném na stránce detailu offline testu.
  2. UC je vyvolán pokračováním z sekce pro nahrání souborů definované v UC5.
- Hlavní scénář:
  1. Učitel zobrazí seznam nejasně vyhodnocených testů.
  2. Zobrazí detail testu a manuálně zaškrtně studentem vyplněné pole. Svou opravu poté potvrdí stisknutím tlačítka „Uložit“.
  3. Postupně takto zkontroluje všechny nejasně vyhodnocené testy.

### UC7 – Souhrnné zobrazení výsledků testu

- Aktéři: Učitel
- Konečný stav: Učitel zrevidoval výsledky všech studentů.
- Způsoby vyvolání:
  1. UC je vyvolán při kliknutí na tlačítko „Výsledky“ umístěném na stránce detailu offline testu.
  2. UC je vyvolán pokračováním z sekce pro nahrání souborů definované v UC5.
- Hlavní scénář:
  1. Učitel zobrazí výsledky studentů, kteří absolvovali test.
  2. Zkontroluje, zda jsou záznamy korektní, zda souhlasí počet studentů a rozsah udělených bodů. V případě chyby provede opravu v detailu testu.
  3. Učitel potvrdí výsledky.

### UC8 – Zobrazení analýzy odpovědí

- Aktéři: Učitel
- Konečný stav: Učitel si zobrazil vygenerovanou statistiku testu.
- Způsoby vyvolání:
  1. UC je vyvolán při kliknutí na tlačítko „Analýza odpovědí“ umístěném na stránce detailu offline testu.
- Hlavní scénář:
  1. Učitel si zobrazí vygenerovanou analýzu odpovědí a vyhodnotí její obsah.

## F.3 S3 – Zobrazení výsledku testu z pohledu studenta

### UC9 – Zobrazit výsledek absolvovaného testu

- Aktéři: Student
- Konečný stav: Student zrevidoval výsledky absolvovaného testu
- Způsoby vyvolání:

## F. PŘÍPADY UŽITÍ

---

1. UC je vyvolán při kliknutí na hodnocení kurzu studenta.
- Hlavní scénář:
    1. Student je obeznámen o nové známce z absolvovaného offline testu.
    2. Otevře sekci hodnocení a zobrazí si detail tohoto testu.
    3. V detailu zreviduje vše, co je pro něj viditelné (úrovně viditelnosti jsou definovány v požadavku FP1)

---

# Výsledky uživatelského testování

## G.1 Participant 1

- **Role** – doktorand Fakulty elektrotechnické ČVUT, cvičící
- **Zkušenosti s Moodle** – jako cvičící provádí zápis známek, správu úkolů.
- **Zkušenosti s vytvářením testů** – v Moodle test zatím nevytvářel, obecně zkušenosti má.
- **Zkušenosti s automatizovaným vyhodnocováním** – zkušenosti participant nemá, umí si jeho využití v budoucnu představit.

### S1 – Vytvoření offline testu

Podněty z průchodu aplikací Offline quiz:

- **Negativa** – neintuitivní funkce přidávání označených úloh do zadání. Aplikace má celkově nepřehledné rozložení tlačítek, postrádá ergonomii.
- **Pozitiva** – funkce pro náhodné přidání úlohy, možnost výběru na základě kategorizace otázek.

Podněty z průchodu prototypem webové aplikace:

- **Negativa** – nepřehledné rozložení tlačítek při zobrazení více položek v seznamu. Nedostatečné informování uživatele o zpracovávání požadavku. Uvítal by možnost uložení stavu rozpracovaného testu, aby se k němu mohl případně po nějaké době vrátit.
- **Pozitiva** – funkce náhodného uspořádání studentů k zadáním.

## S2 – Vyhodnocení vyplněných testů

Podněty z průchodu prototypem webové aplikace:

- **Negativa** – chybějící potvrzení o opravě úlohy.

Podněty z průchodu aplikací Offline quiz:

- **Negativa** – velké množství tlačítek na různých místech a nejasně pojmenovaných. Nestandardní rozdělení jednotlivých sekcí.

## Závěrečné vyhodnocení

- **Přínos funkce grafického editoru pro manuální opravy**
  - grafickou formu hodnotí kladně, využil by ale i statickou formu – textový popis snímku.
- **Ochota aplikaci Offline Quiz použít v současném stavu**
  - ano, přínos aplikace převažuje nedostatky současného stavu.
- **Použitelnost manuální identifikace číselným identifikátorem**
  - informování studentů o jejich identifikátoru by mohlo přinést řadu chyb, přesto je tato metoda identifikace použitelná.

## G.2 Participant 2

- **Role** – zaměstnanec Fakulty elektrotechnické ČVUT, cvičící
- **Zkušenosti s Moodle** – pouze jako student, v rámci studia využíval spíše alternativní fakultní systém CourseWare.
- **Zkušenosti s vytvářením testů** – v Moodle test zatím nevytvářel.
- **Zkušenosti s automatizovaným vyhodnocováním** – zkušenosti participant nemá, umí si jeho využití v budoucnu představit.

## S1 – Vytvoření offline testu

Podněty z průchodu prototypem webové aplikace:

- **Negativa** – matoucí význam ikon, nedostatečný popis polí pro vyplnění bodů, nevýrazná funkce pro přidání sekce, nepřehledný seznam o více položkách.
- **Pozitiva** – funkce pro náhodného rozdělení.

Podněty z průchodu aplikací Offline quiz:

- **Negativa** – příliš mnoho zobrazených prvků, nepřehledný výběr ze seznamu úloh, nevýrazné hlavní navigační prvky.

## S2 – Vyhodnocení vyplněných testů

Podněty z průchodu aplikací Offline quiz:

- **Negativa** – nejasné pojmenování tlačítek, chybí možnost nahrát více souborů naráz.

Podněty z průchodu prototypem webové aplikace:

- **Negativa** – chybí možnost nahrát více souborů typu PNG naráz. Nejasné označení úloh určených pro manuální opravu.

## Závěrečné vyhodnocení

- **Přínos funkce grafického editoru pro manuální opravy**
  - grafickou formu hodnotí kladně, nutně ji ale nevyžaduje.
- **Ochota aplikaci Offline Quiz použít v současném stavu**
  - ano, uživatelská přívětivost hodnotí jako nízkou, přesto je v aplikaci v tomto stavu použitelná. Pro větší přehlednost by především upravil navigační prvky.
- **Použitelnost manuální identifikace číselným identifikátorem**
  - informování studentů o jejich identifikátorů vnímá jako zásadní komplikaci.

## G.3 Participant 3

- **Role** – student Fakulty elektrotechnické ČVUT, cvičící
- **Zkušenosti s Moodle** – systému se věnoval v rámci své bakalářské práce, zná jeho možnosti. Celkově jej hodnotí kladně. Systém ale podle něj má určité nedostatky v uživatelském rozhraní.
- **Zkušenosti s vytvářením testů** – v Moodle test zatím nevytvářel.
- **Zkušenosti s automatizovaným vyhodnocováním** – zkušenosti participant nemá, umí si jeho využití v budoucnu představit.

## S1 – Vytvoření offline testu

Podněty z průchodu prototypem webové aplikace:

- **Negativa** – chybí informace o počtu aktuálně vybraných úloh, nedostatečný popis polí pro vyplnění bodů, nevýrazná funkce pro přidání sekce, nedostatečné informování uživatele o zpracovávání požadavku, uvítal by možnost nápovědy.
- **Pozitiva** – funkce pro přetahování úloh.

Podněty z průchodu aplikací Offline quiz:

- **Negativa** – příliš mnoho položek ve formuláři, nepřehledné rozložení tlačítek, nevýrazné hlavní navigační prvky, nejasné přidávání sekcí.
- **Pozitiva** – možnost výběru na základě kategorizace otázek, funkce pro náhodné úlohy.

## S2 – Vyhodnocení vyplněných testů

Podněty z průchodu aplikací Offline quiz:

- **Negativa** – nejasné pojmenování tlačítek, chybí možnost nahrát více souborů naráz, nepřehledné rozložení tlačítek, menu aplikace je nešťastně navržené – některé části by mohly být sloučeny.

Podněty z průchodu prototypem webové aplikace:

- **Negativa** – chybí možnost nahrát více souborů typu PNG naráz. Nejasné označení úloh určených pro manuální opravu – není intuitivní.

## Závěrečné vyhodnocení

- **Přínos funkce grafického editoru pro manuální opravy**
  - grafickou formu hodnotí kladně, ale je postačující varianta pouze statického textového popisu.
- **Ochota aplikaci Offline Quiz použít v současném stavu**
  - spíše ne, rozložení prvků uživatelského rozhraní je příliš problematické.
- **Použitelnost manuální identifikace číselným identifikátorem**
  - informování studentů o jejich identifikátoru vnímá jako komplikaci, přikláněl by se pro variantu automatického předvyplnění identifikátoru.



## G.4 Participant 4

- **Role** – garant předmětů vyučovaných na Fakultě elektrotechnické a Fakultě informačních technologií ČVUT.
- **Zkušenosti s Moodle** – plně využívá možností systému pro správu výuky. Má dlouhodobou zkušenost s tvorbou testů, se správou materiálů a se zadáváním úkolů.
- **Zkušenosti s vytvářením testů** – v rámci předmětů využívá testy tohoto typu při vzdálené výuce vytváří v Moodle.
- **Zkušenosti s automatizovaným vyhodnocováním** – zkušenosti participant nemá, testy tohoto typu opravuje manuálně. Výhody automatizace vidí při větším počtu testovaných studentů.

### S1 – Vytvoření offline testu

Podněty z průchodu aplikací Offline quiz:

- **Negativa** – neintuitivní funkce pro přidání sekce (stránky), očekával by její umístění v nastavení. Funkce pro přidání bodů není intuitivní. Uvítal by možnost nápovědy.
- **Pozitiva** – možnost nastavení viditelnosti testu pro studenty, stejné rozložení a funkce jako u tvorby online testu, možnost využití kategorií úloh, funkce pro náhodný výběr úloh.

Podněty z průchodu prototypem webové aplikace:

- **Negativa** – nepřehledné zobrazení seznamu úloh k výběru, chybí náhodný výběr úloh, nedostatečně rozlišené sekce a úlohy. Seznam studentů by doplnil o více informací, přesouvání pak umožnil také pomocí šípek jako je to v Moodle.
- **Pozitiva** – přesouvání položek v seznamu pomocí přetáhnutí.

### S2 – Vyhodnocení vyplněných testů

Podněty z průchodu prototypem webové aplikace:

- **Negativa** – chybí možnost nahrát více souborů typu PNG naráz, ocenil by možnost nahrát celý adresář. Nejasné označení úloh určených pro manuální opravu – není intuitivní. Chybí mu možnost přidat komentář k ohodnocení.

Podněty z průchodu aplikací Offline quiz:

- **Negativa** – nepřehledně umístěný seznam testů k manuální opravě, nejasné pojmenování tlačítek.
- **Pozitiva** – funkce pro kontrolu docházky, stejný princip pro vkládání komentářů jako u online testu.

### Závěrečné vyhodnocení

- **Přínos funkce grafického editoru pro manuální opravy**
  - grafickou formu hodnotí kladně, ale je postačující varianta pouze statického textového popisu.
- **Ochota aplikaci Offline Quiz použít v současném stavu**
  - ano, použití by se mu vyplatilo při větším počtu studentů. Ocenil by k rozšíření dodatečný manuál ve formě videa nebo dokumentu.
- **Použitelnost manuální identifikace číselným identifikátorem**
  - informování studentů o jejich identifikátoru se jeví jako komplikace, byl by pro variantu automaticky identifikovaných zadání. Upozorňuje na možné mezní situace, které je třeba brát v úvahu – snaha o podvod studentů, špatné pochopení principu vyplnění testu.

## G.5 Hodnocení aplikací

Participantů po dokončení každého uživatelského scénáře hodnotili aplikaci v následujících třech vlastnostech:

- **Přehlednost** – orientace na stránce, jednoduchost nalezení prvku, který hledáte
- **Srozumitelnost** – očekávatelné chování, hodnocení, zda prvek udělal to, co jste očekával
- **Složitost provedení úkonů** – jak složité bylo pro Vás provést zadané úkony

Evaluace byla provedena na číselné škále 1–5, kde číslo 1 náleželo nejhoršímu výsledku a číslo 5 nejlepšímu.

	S1 – Vytvoření offline testu				S2 – Vyhodnocení vyplněných testů			
	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4
Participantů								
Přehlednost	2	3	2	4	1	3	3	4
Srozumitelnost	3	2	3	5	2	4	4	4
Složitost provedení úkonů	3	2	3	5	2	3	4	5

Tabulka G.1: Hodnocení Offline quiz po jednotlivých scénářích

	S1 – Vytvoření offline testu				S2 – Vyhodnocení vyplněných testů			
	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4
Participantů								
Přehlednost	5	5	4	2	5	5	4	3
Srozumitelnost	5	3	4	4	4	4	5	3
Složitost provedení úkonů	4	4	5	5	5	5	4	5

Tabulka G.2: Hodnocení prototypu webové aplikace po jednotlivých scénářích