



Modelovanie a simulácie
SHO Model služeb v oblasti sport
Simulačná štúdia – Snowparadise Velká Rača

Obsah

1	Úvod	2
1.1	Autori a zdroje informácií	2
1.2	Validita modelu	2
2	Rozbor témy a použité technológie	2
2.1	Použité postupy	2
2.2	Použité technológie	2
3	Koncepcia	3
3.1	Spôsob vyjadrenia modelu	3
3.2	Popis konceptuálneho modelu	3
4	Struktúra Simulačného Systému pre Lyžiarske Stredisko	4
4.1	Prevod Konceptuálneho Modelu na Simulačný	4
5	Kľúčové aspekty simulačných experimentov	5
5.1	Metodológia experimentov	5
5.2	Očakávaný prínos experimentov	5
5.3	Overenie validity modelu	5
6	Analýza Priepustnosti Lyžiarskeho Strediska	6
6.1	Výsledky Experimentu	6
6.2	Priepustnosť a Obslužné Doby	6
6.3	Záver	7
7	Porovnanie Priepustnosti: Pokladna vs. Automat	7
7.1	Úvod do Experimentu	7
7.2	Výsledky Experimentu	7
7.3	Diskusia a Záver	7
8	Priepustnosť Cafeteria bar	7
8.1	Výsledky experimentu	7
8.2	Zhodnotenie experimentu	8

1 Úvod

Táto práca popisuje simuláciu[3, str. 5] lyžiarskeho strediska Snowparadise Veľká rača. Vznikla ako projekt predmetu Modelovanie a simulácie na tému – Model služieb v oblasti športu ako SHO (Systém hromadnej obsluhy[3, str. 33]). Práca sa zameriava na priepustnosť konkrétneho systému[3, str. 6] fungujúceho v lyžiarskom stredisku, vzhľadom na rozdielne počty ľudí v stredisku v rozdielnych časoch a počas jednotlivých typov dní (pracovné dni, víkendy, sviatky).

1.1 Autori a zdroje informácií

Prácu vypracoval Dušan Slúka a Ivan Mahút. Informácie na technickú časť práce boli čerpané z materiálov predmetu Modelovanie a simulácie. Vstupné dáta a fakty boli získané od zamestnankyne lyžiarskeho strediska, ďalšie technické údaje boli zistené z webovej lokality Lanovky.sk[1]

1.2 Validita modelu

Validita modelu bola potvrdená porovnaním výstupných dát simulácie s dátami získanými priamo z lyžiarskeho strediska. Simulácie boli zamerané podľa času na obdobie hlavnej sezóny a obdobie mimo hlavnej sezóny. Ďalšie 2 scenáre, ktoré sa prelínali s predchádzajúcimi, boli zamerané podľa počasia na priaznivé podmienky a nepriaznivé podmienky.

2 Rozbor témy a použité technológie

Simulácia sa zaoberá fungovaním lyžiarskeho strediska počas rôznych dní. Hlavnou časťou strediska je lanovka, ktorá vyváža ľudí na vrch kopca. Rozstup medzi sedačkami lanovky je 6s, jedna cesta na kopec je dlhá 15 minút. Zlyžovanie kopca zaberie približne 8 minút. Lyžiarske stredisko taktiež obsahuje zariadenie s občerstvením.

Fungovanie a návštevnosť strediska ovplyvňuje viacero faktorov, jedným z nich je počasie. Pochopteľne pri horšom počasi je návštevnosť strediska menšia ako v slnečný deň. Stredisko sa nachádza na severe Slovenska, tým pádom počasie môže vytvoriť extrémne podmienky, ktoré následne vedú k prerušeniu prevádzky. Napríklad pri prekročení maximálnej prípustnej rýchlosti vetra, čo je pri konkrétnom type lanovky 18 m/s, musí byť lanovka odstavená.

Ďalší vplyv na príchod ľudí je typ dňa, návštevnosť bude nižšia počas pracovných dní ako počas víkendu alebo sviatkov. Keďže lyžiarske stredisko ponúka aj možnosť večerného lyžovania pri umelom osvetlení, ľudia prichádzajú počas celého dňa. Taktiež do lyžiarskeho strediska premávajú skibusy, jeden pre denné lyžovanie (príchod o 8:30) a druhý pre večerné lyžovanie (príchod o 17:30). Z hľadiska času stráveného v stredisku, je to na základe údajov získaných zo strediska, 60% ľudí si kupuje 4 hodinový lístok a 40% celodenný lístok.

2.1 Použité postupy

Konečný model[3, str. 6] bol založený na Petriho sieti[3, str. 31]. Vytvorená Petriho sieť jednoducho ale zároveň presne reprezentuje interakcie a priebeh fungovania lyžiarskeho strediska.

2.2 Použité technológie

Simulácia je vytvorená v jazyku C++ s použitím knižnice voľne dostupnej knižnice Simlib vo verzii 3.08. Jazyk C++ bol zvolený pre jeho výkon a efektívnosť. Ďalším dôležitými faktormi jazyka C++ sú jeho flexibilita a kontrola nad hardvérom. C++ taktiež poskytuje objektovo orientovaný prístup, čo uľahčuje implementáciu simulácie. Simlib bol zvolený pretože poskytuje nástroje a štruktúry

pre modelovanie a simuláciu udalostí, fronty a zdrojov. Zjednodušuje implementáciu simulácii a zvyšuje efektívne riadenie toku simulovaných procesov. Pri vypracovaní bola čerpaná inšpirácia z ukážok použitia knižnice[2].

3 Konceptcia

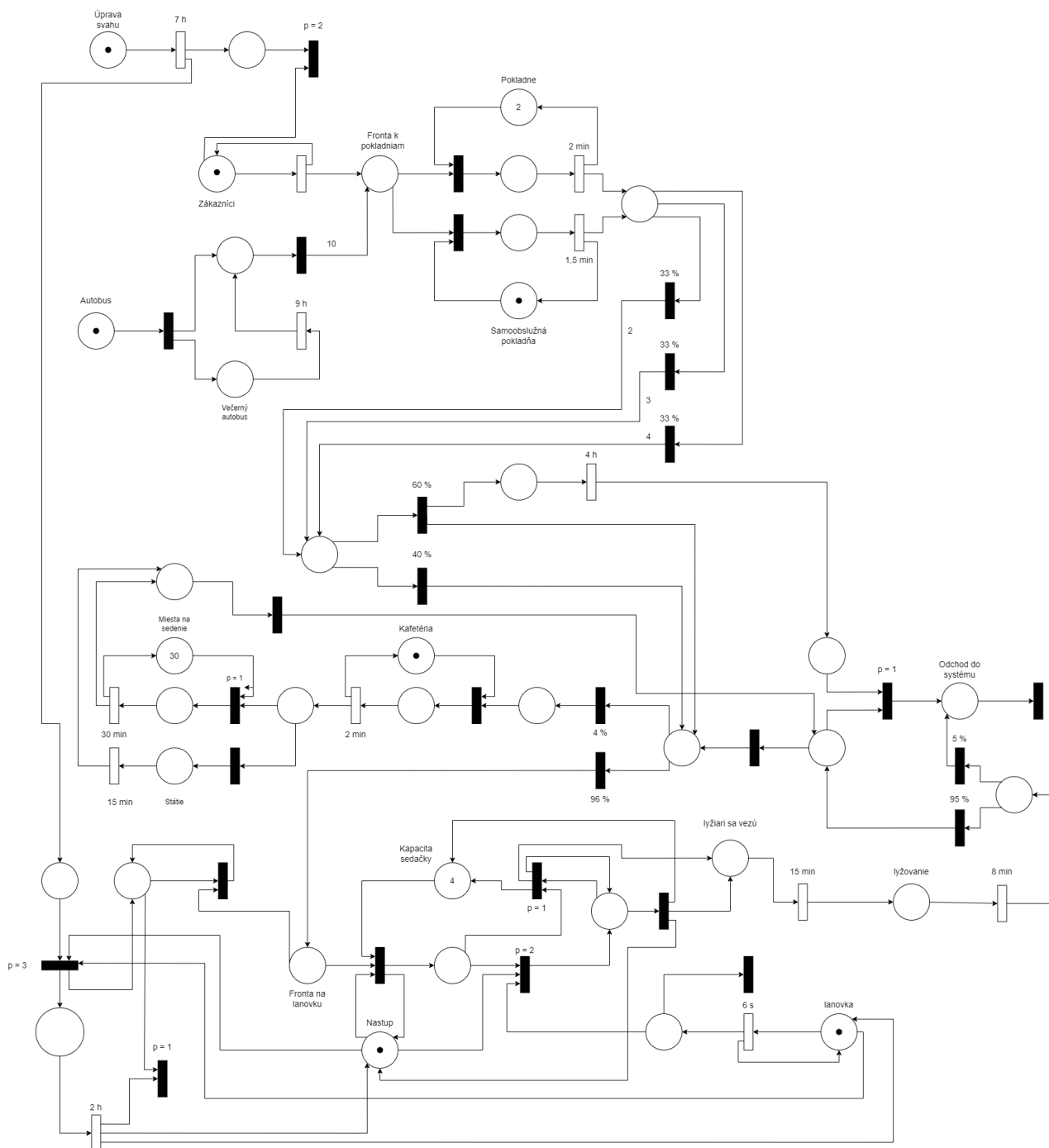
Konceptuálny model[3, str. 13] vychádza zo získaných dát popísaných v kapitole 2. Pri tvorení modelu bol kladený dôraz na vytvorenie výstižného opisu problému a zároveň bol dostatočne abstraktný na to aby zjednodušil simuláciu ale zároveň dostatočne presný na to aby zachytil podstatné aspekty systému.

3.1 Spôsob vyjadrenia modelu

Model je vyjadrený pomocou petriho siete. Zobrazuje prechody medzi jednotlivými stavmi a čakacie doby. Petriho sieť je možné vidieť na obrázku 1.

3.2 Popis konceptuálneho modelu

Lyžiarske stredisko Snowparadise Veľká Rača je počas hlavnej sezóny otvorené každý deň od 8:30 do 15:30 pre denné lyžovanie a následne od 17:30 do 20:30 pre večerné lyžovanie. O 8:30 prichádza aj prvý skibus s návštevníkmi, ostatní sa do strediska dopravujú svojpomocne. Po príchode do strediska si musia návštevníci zakúpiť lístok, toto zariaďujú dve obslužné linky. Prvá reprezentuje dve pokladne s obsluhou, v ktorej zakúpenie lístka trvá 2 minúty. Druhá reprezentuje samoobslužný automat, v ktorom zakúpenie lístka trvá 1,5 minúty. Po zakúpení lístku sa k návštevníkovi pridá ďalší 1 až štyria návštevníci, čím bude reprezentovaný reálny priebeh nakupovania lístkov v lyžiarskych strediskách. (jeden kúpi lístky pre celú rodinu). Následne sú návštevníci rozdelení v pomere 60 ku 40 do dvoch skupín, pre 4 hodinový lístok a celodenný lístok. V tomto momente im začína bežať doba lístku. Následne majú na výber ísť na lanovku alebo do kafetérie v pomere 96 ku 4. Sedačky lanovky prichádzajú v rozstupoch dlhých 6 sekúnd. Každá sedačka má 4 miesta, vždy berie maximálny možný počet návštevníkov z fronty. Následne sa návštevníci vezú 15 minút lanovkou na vrchol kopca. Doba zlyžovania kopca je daná exponenciálnym rozložením s dĺžkou 8 minúty. Po zlyžovaní majú návštevníci zase možnosť ísť do kafetérie alebo na lanovku. V tomto bode po uplynutí 4 hodinového lístku návštevník opúšťa stredisko. Taktiež majú možnosť dobrovoľného opustenia strediska s šancou 5%. O 15:30 končí denné lyžovanie, lanovka sa vypína a prebieha úprava svahu pre večerné lyžovanie. V tomto čase neprichádzajú noví návštevníci. Začnú prichádzať o 17:30, zároveň prichádza druhý skibus s návštevníkmi a opäťovne sa spúšťa lanovka.



Obr. 1: Petriho sieť.

4 Struktúra Simulačného Systému pre Lyžiarske Stredisko

Projekt simulačného modelu lyžiarskeho strediska bol vyvinutý v jazyku C++, s dôrazom na integráciu knižnice Simlib a využitím štandardných C++ knižníc.

4.1 Prevod Konceptuálneho Modelu na Simulačný

Základom simulácie je návštevník typu `visitor`, ktorý je konfigurovaný prostredníctvom metódy `visitor.cpp` na základe poskytnutých simulačných dát, obsahujúcich parametre ako dĺžka simulácie

a rôzne hodnoty používané v rámci modelu. Spustenie simulácie je realizované metódou `Run`.

Model obsahuje komponentu pre generovanie návštevníkov, ktorí reprezentujú lyžiarov a snowboardistov prichádzajúcich do strediska.

Tento proces generovania je implementovaný v súbore `visitor_generator.cpp`, kde sú definované časové intervaly príchodov a správanie návštevníkov. Tak isto sa tu nachádza definícia pre rôzne časové intervaly počas dňa. Konkrétne 4 zhodnotených podľa reality kedy sa mení počet prichádzajúcich ľudí. Je tu zakonponovaný aj príchod autobusu na strdisko 2x do dňa. Simulácia ďalej zahrnuje reprezentáciu lyžiarskych vlekov, kde každý vlek má stanovenú svoju kapacitu a čakaciu dobu. Jedná sa o čisté dáta získané zo strdiska. Tieto aspekty sú v súbore `SkyResort_Data.cpp`. Sú tu aj jednotlivé šance rozhodnutí lyžiarov. A všetky čakacie doby. Pre modelovanie používame viacero prípadov ktoré sa týkajú počasia a času v sezone.

Návštevníci po príchode do strediska prechádzajú rôznymi etapami - od vstupu, cez využitie vlekov, až po lyžovanie na zjazdovkách možná návšteva kafetérie. Každý z týchto procesov je modelovaný špecifickými metódami, ktoré odrážajú reálnu dynamiku lyžiarskeho strediska implementované v `visitor.cpp`. Na konci simulácie sú zhromaždené a analyzované dáta o pohybe a správaní návštevníkov, ako aj využívaní kapacít strediska. Tento postup umožňuje získať prehľad o efektívnosti a kapacitách lyžiarskeho strediska v rôznych simulačných scenároch. V súbore `simulation.cpp` sa inicializujú potrebné objekty a začína simulácia. Taktiež sú tu spracované štatistiky, návrhol klasických, poskytnutých simulačným systémom.

5 Kľúčové aspekty simulačných experimentov

V rámci projektu kladieme dôraz na analýzu a hodnotenie priepustnosti lyžiarskeho strediska. Cieľom simulačných experimentov je identifikovať úzke miesta v toku návštevníkov a navrhnúť efektívne riešenia na ich odstránenie.

5.1 Metodológia experimentov

Experimenty budú zamerané na:

- Zber a analýzu dát o pohybe návštevníkov v rôznych častiach strediska počas vybraných intervalov.
- Simuláciu návštevnosti a záťaže na kľúčových bodoch, ako sú vleky, reštaurácie a ďalšie služby.
- Hodnotenie vplyvu zmenených prevádzkových stratégií na celkovú efektivitu a spokojnosť návštevníkov.

5.2 Očakávaný prínos experimentov

Z experimentov očakávame získanie hlbkového porozumenia dynamiky návštevníkov a základu pre:

- Návrh zlepšení v rozložení a využití strediskových kapacít.
- Optimalizáciu časového rozvrhu a logistiky návštevníkov.
- Zlepšenie celkovej návštevníckej skúsenosti prostredníctvom zníženia čakacích dôb.

5.3 Overenie validity modelu

Validita modelu bola overená porovnaním výstupných dát simulácie a dát zozbieraných z lyžiarskeho strediska. Výsledný model je schopný celkom presne reprodukovať reálnu prevádzku lyžiarskeho strediska. Ako je možné vidieť v tabuľke 1, kde sú porovnané získané dáta a výstup zo simulácie.

Indikátor	Reálne dáta	Výstup simulácie
Počet návštevníkov	1800	1890
Čakanie na lanovku	1-2 min	0,5 min
Jazda lanovkou	15 min	15 min
Zjazd svahu	7-8 min	8 min

Tabuľka 1: Porovnanie reálnych dát a simulácie.

Pozn: Čakanie na lanovku je v modeli kratšie ako v reálnom prostredí. Je to spôsobené tým že ak je v rade 4 a viac ľudí, tak v simulácii nasadnú vždy 4 ľudia, pričom v realite tomu nie vždy tak je. Pokusy o simulovanie tohto správania a dosiahnutia čakacej doby, ktorá je viac bližšia realite však znevalidovali ostatné údaje simulácie.

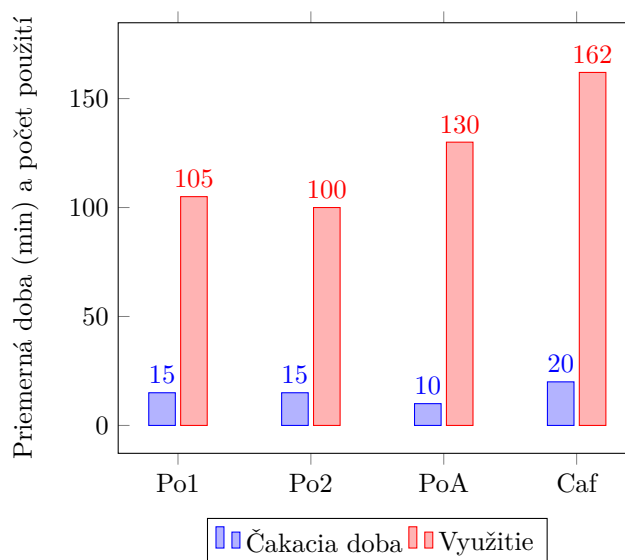
6 Analýza Priepustnosti Lyžiarskeho Strediska

6.1 Výsledky Experimentu

Na základe poskytnutých simulácií boli vyhodnotené priepustnosti rôznych zariadení v lyžiarskom stredisku. Simulácia odhalila kritické body, kde dôjde k akumulácii návštevníkov, čo môže viesť k predĺženiu čakacích časov a zníženiu celkovej spokojnosti.

6.2 Priepustnosť a Obslužné Doby

- Pokladna1 a Pokladna2 ukázali podobné priemerné využitie, s maximálnymi dĺžkami radu dosahujúcimi 27 a 26 návštevníkov v najvrcholnejších hodinách sezóny.
- PokladnaAutomat mala nižšie využitie a kratšie čakacie doby, čo naznačuje lepšiu efektivitu oproti tradičným pokladniám.
- Cafeteria bar vykázala najvyššie využitie s výrazne dlhšími čakacími dobami, čo poukazuje na potrebu zlepšenia v tejto oblasti.



Obr. 2: Porovnanie priemernej doby čakania a využitia pre rôzne zariadenia.

6.3 Záver

Optimalizácia procesov v lyžiarskom stredisku, najmä zvýšenie priepustnosti v oblastiach s vysokým využitím, by mohla mať významný dopad na zlepšenie plynulosti prevádzky a návštevníckej skúsenosti. Zdá sa, že automatizované pokladne by mohli prispieť k zvýšeniu rýchlosti obsluhy a zníženiu čakacích dôb, čo je jeden z možných smerov k zlepšeniu.

7 Porovnanie Priepustnosti: Pokladna vs. Automat

7.1 Úvod do Experimentu

V tomto experimente sme nahradili tradičnú pokladňu č. 2 automatizovaným platobným systémom, označeným ako 'PokladnaAutomat2', s cieľom posúdiť vplyv na priepustnosť a efektívnosť operácií v lyžiarskom stredisku.

7.2 Výsledky Experimentu

Porovnávame kľúčové ukazovatele výkonnosti pre pôvodnú 'Pokladna2' a novú 'PokladnaAutomat2':

Indikátor	Pokladna2 (pôvodná)	PokladnaAutomat2 (nová)
Počet požiadaviek	103	198
Maximálna dĺžka radu	17	17
Priemerná dĺžka radu	4	3
Priemerná čakacia doba (minuty)	15	8

Tabuľka 2: Porovnanie výkonnosti pokladní a automatov.

7.3 Diskusia a Záver

Z experimentálnych dát je zrejmé, že zavedenie 'PokladnaAutomat2' viedlo k výraznému zlepšeniu. Priemerná čakacia doba bola o takmer polovicu nižšia v porovnaní s 'Pokladna1'. Taktiež sme pozorovali, že maximálna a priemerná dĺžka radu zostala stabilná, napriek zvýšeniu počtu transakcií, čo poukazuje na vyššiu efektívnosť 'PokladnaAutomat2'. Na základe týchto pozorovaní odporúčame zvážiť ďalšie nahradenie tradičných pokladní automatizovanými systémami, ktoré môžu významne zlepšiť priepustnosť a zákaznícku skúsenosť v celom stredisku. Automatizácia znižuje čakacie doby, zvyšuje spokojnosť zákazníkov a môže potenciálne znížiť prevádzkové náklady.

8 Priepustnosť Cafeteria bar

Ďalším z kritických bodov lyžiarskeho strediska bol Cafeteria bar. Priemerná čakacia doba a zároveň aj maximálna čakacia doba boli príliš vysoké. Tento experiment sa bude zaoberať znížením tejto doby. Navrhnutým riešením je zamestnanie brigádnika, ktorý by obsluhoval druhú pokladňu v bare. Tým pádom budeme predpokladať že mu výkon služby bude trvať dvojnásobne dlhšie ako stálemu pracovníkovi.

8.1 Výsledky experimentu

Porovnanie parametrov v pôvodnej konfigurácii a následne s pridaním druhej pokladne, ktorá bude obsluhovaná brigádnikom. V tabuľke 3 je možné vidieť prehľad údajov pre bar s jedným zamestnancom a následne bar po pridaní brigádnika a samého brigádnika.

Indikátor	Cafeteria bar(pôvodne)	Cafeteria Bar(nová)	Brigadnik
Počet návštevníkov	109	79	34
Priemerné čakanie	12 min	4 min	9 min
Maximálny čakanie	50 min	16 min	30 min

Tabuľka 3: Porovnanie reálnych dát a simulácie.

8.2 Zhodnotenie experimentu

Na základe výsledku experimentu je možné vidieť že čakacie doby boli skrátené a viac rozložené. Zamestanie brigádnika by prinieslo väčšiu efektivitu v rámci špičky návštevnosti, avšak je počas dňa nebol až tak vyťažovaný. Z toho vyplýva prijatie tohoto zlepšenia by bolo potrebné zvážiť aj z finančnej stránky.

Literatúra

- [1] MB-POLYGRAF: Sedačková lanovka Velká Rača - Dedovka. [online], [vid. 2023-02-12]. Dostupné z: <https://lanovky.sk/?page=lan&lan=3>
- [2] Peringer, P.: *SIMLIB/C++ 3.07/Examples*. [vid. 2023-03-12]. Dostupné z: <https://www.fit.vutbr.cz/~peringer/SIMLIB/doc/html/examples.html>
- [3] Peringer, P.: Modelování a simulace IMS Studijní opora. [online], 2021, [vid. 2023-09-12]. Dostupné z: https://moodle.vut.cz/pluginfile.php/725909/mod_resource/content/1/opora-ims.pdf