

Možnosti efektivního převodu fyzických prostor do [REDACTED]

Za Vrealmatic s.r.o. IČ 19583567 se sídlem v Olomouci zpracoval Ing. Vladimír Nepor
tel.č. +420 776103029, email: vnepor@vrealmatic.com

Osnova

Klasifikace Procesu.....	1
Současný stav:.....	1
Cíl návrhu:.....	1
Úvodní sdělení / Abstrakt řešení.....	2
Senzory a problematika snímání.....	4
LiDAR (Laserové snímání).....	4
Fotogrammetrie.....	4
3D Sken budov do [REDACTED] - Jak se dělá ve světě?.....	5
Zařízení pro 3D skenování.....	6
Mobilní telefony a tablety s Lidar skenerem.....	7
Aplikace pro Apple na 3D skenování.....	10
Demo na vyzkoušení.....	16
Závěrečné ustanovení / doporučení.....	17

Klasifikace Procesu

Proces spočívá v zaměření rozměrových parametrů budovy + zjištění materiálové struktury a způsobu vytápění, které jsou dále využity k [REDACTED]

Současný stav:

Aktuální proces je založen na manuální práci. Spočívá v návštěvě nemovitosti, [REDACTED]

Cíl návrhu:

Zefektivnění procesu zaměřování rozměrů nemovitosti - získání 3D modelu (digitálního dvojčete) s možností exportu ve formátu kompatibilním se softwary používanými pro další práci.

Úvodní sdělení / Abstrakt řešení

Na startu je vhodné se podívat, jak danou problematiku řeší jiné firmy. Tím se získá jakýsi referenční bod - jaký způsob je pro jiné firmy funkční. Na nás je pak zanalyzovat:

- 1) Zda stejný způsob je vhodný i pro Vás
- 2) Zda k dnešnímu dni neexistuje nějaké efektivnější řešení (firmy používají daný způsob z historických důvodů / ze zvyku)

Váš projekt obsahuje 3 kroky:

- 1) Manuální dílčí měření s průběžným náčrtem kótovaného výkresu a zanesením odměřených hodnot, zanesení poznámek o [REDACTED]
- 2) Překreslení kótovaného náčrtu do [REDACTED]
- 3) Sestrojení odborné dokumentace pro [REDACTED]

V prvním kroku lze řešit možnosti zefektivnění zaměření s výstupem ve formě:

- 3D modelu pro následné odměření rozměrů z modelu
- Automaticky generovaného 2D kótovaného půdorysného výkresu

Aplikovat lze laserové měření, rozměrové i obrazové snímání. Součástí mohou být i foto anotace (připojení fotografií s poznámkami). Vedle efektivity, pro možnosti snadného delegování je vhodné hledat i co nejjednodušší postupy při využití nízkonákladových řešení.

Druhý krok lze po aplikaci kroku prvního “delegovat / automatizovat” následujícími způsoby:

- 1) prostřednictvím placené služby - existují firmy zabývající se převodem
- 2) prostřednictvím softwaru

Třetí krok zůstává, jak je. Možnosti úprav procesů spojených s 3. krokem nejsou uvažovány.

První dva kroky uvedené výše jsou příležitostí pro digitalizaci / automatizaci, a to prostřednictvím 3D skenu:

- 1) Pomocí “skeneru” se prostřednictvím vhodného způsobu snímání hromadně sejme velký počet prostorových dat ve fyzickém prostoru
- 2) Datový výstup z bodu 1 se převede do vhodného formátu pro [REDACTED]

Účelem 3D skenu nemovitosti je získání 3D modelu o co největší míře rozměrové přesnosti (digitální dvojče nemovitosti). Za tímto účelem je preferován LiDAR senzor, dokument nicméně pracuje i s možností využití dalších senzorů - viz [senzory a problematika snímání](#). Získaný 3D model již nativně obsahuje rozměrovou informaci (lze v něm rozměry odměřovat - nicméně pouze prvků, které jsou v modelu zaneseny). V modelu, probíhá-li skenování pouze z interiéru, budou chybět vnější plochy obvodních stěn, tedy z modelu nepůjde odměřit tloušťka daných obvodových stěn (v modelu je zanesena jen “vnitřní omítka, ne vnější”). Tloušťku vnějších stěn je však možné automaticky doplnit (např. offset 30cm od vnitřní omítky směrem vně).

Za předpokladu, že disponujeme rozměrově přesným modelem, odměří-li se rozměry z modelu, namísto fyzického prostoru, snižuje-se pravděpodobnost zanesení lidských chyb (chybný odečet / nezaznamenání hodnoty). Kromě toho, k informacím se lze dostat i zpětně (v modelu), namísto nutnosti opětovné fyzické návštěvy nemovitosti.



3D scan [REDACTED]

Jelikož aplikace umožňuje pracovat s přesností [REDACTED], práce se zaměřuje na hledání dostupných přístrojů pro 3D skenování - ideálně [REDACTED]. Takové řešení je výhodné z hlediska nízkých vstupních nákladů, pohodlnosti a rychlosti snímání a od toho odvíjející-se snadnosti škálování (pořizovací náklady na zařízení, zaučení práce se zařízením...).

3D model získaný pomocí [REDACTED] může být zpracován 2-ma způsoby:

- 1) Manuální převod do [REDACTED]
- 2) Automatizovaný převod do [REDACTED]

Tímto je dokončen faktický převod fyzické nemovitosti do [REDACTED], se kterým lze dále pracovat dle potřeb (promítnutí nových pohledů a řezů, úprava rozměrů, přidání kót, popisného pole a podobně).

Práce nepřichází s jedním konkrétním postupem, namísto toho dává ucelený přehled předvybraných možností a pouze stanovuje, které řešení bych volil osobně.

Senzory a problematika snímání

Před tím, než se pustíme do toho, co kdo s čím a jak "skenuje", je nutné znát princip "skenování". K dispozici je [řada metod](#). Doposud se využívala metoda manuálního měření. Nejrelevantnější metody pro snadný 3D sken prostoru jsou následující:

- [LiDAR \(Laserové snímání\)](#)
- [Fotogrammetrie](#)

LiDAR (Laserové snímání)

LiDAR (Light Detection And Ranging) je senzor či skupina senzorů umožňujících mapování vzdálenosti prostřednictvím laserového paprsku. Laserový paprsek v infračerveném spektru (= vlastní zdroj světla, tedy nezávislost na světelných podmínkách při snímání) je z LiDARu vyslán v různých vlnových délkách a úhlech, kdy po nárazu do objektu se část paprsku odrazí zpět a tento odraz je LiDAREm opětovně zaznamenán, přičemž vzdálenost je určována na základě rychlosti světla (doba letu laserového paprsku). Jde tedy o stejný princip jako u laserového dálkoměru. Měření je velmi přesné.

Při funkci LiDARu je paprsek takto vyslán mnohokrát za sekundu, kdy každý měřený bod (= bod odrazu) je zaznamenán jako souřadnice X, Y, Z v prostoru. Výstupem skenování LiDAREm je mračno takto zjištěných bodů (point cloud) definující přesnou informaci o tvaru a povrchové charakteristice snímaných objektů. Povrchovou charakteristikou je zde myšlena struktura povrchu, ne vzhled. LiDAR lze nicméně použít v kombinaci se snímáním obrazu z kamery, který je posléze použit ve formě textury (vzhled povrchu) modelu.

Více o LiDARu na <https://vrealmatic.com/3d-sken/snimani#lidar>

Fotogrammetrie

Fotogrammetrie je technika získávání informací o fyzických objektech a prostředí z fotografií. Princip spočívá ve snímání objektu z různých úhlů pomocí fotoaparátu (umístění fotoaparátu dle potřeb - na stojánku, v ruce, v dronu...), přičemž každý snímek zachycuje objekt z jiné perspektivy.

Snímky jsou při Fotogrammetrii softwarově analyzovány a zpracovány k vytvoření přesných 3D modelů objektů nebo prostor. Software vyhledá a porovná shodné body na různých fotografiích, používá triangulaci k určení polohy každého bodu ve 3D prostoru a vytváří tak detailní 3D model.

Více o Fotogrammetrii na <https://vrealmatic.com/3d-sken/snimani#fotogrammetrie>

3D Sken budov do CAD - Jak se dělá ve světě?

[REDACTED]
Singapurská společnost. Od roku 2020 se specializuje na [REDACTED]
[REDACTED]. V rámci procesu sken provádí [REDACTED]
[REDACTED] provádí pravděpodobně manuálně, a to z [REDACTED]
[REDACTED] generovaného modelu (viz sekce aplikace).

YouTube kanál: [REDACTED]

Čím skenují?

Ke skenování používají následující zařízení [REDACTED], specificky:

[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED] používají v denním provozu bez jakýchkoliv problémů již po 3 roky. V průběhu zaznamenali značný posun ve vývoji jak nástrojů, tak aplikací.

Jak skenují?

Skenování provádí prostřednictvím [REDACTED]
[REDACTED]

[REDACTED]
Způsob skenování je odvislý od velikost, podmínkách na místě, architektonickém designu a dalších parametrů. Obecně menší skeny mají vyšší přesnost. Pokud skenujete vícepodlažní obytný dům, doporučujeme zkontrolovat pečlivě výstupní geometrii. Apartmány, byty a jednopodlažní jednotky mohou být obvykle zachyceny v rámci jedné skenovací session (události). V případě potřeby dosažení přesnějších výsledků je doporučeno skenovat jednotlivé místnosti samostatně a tyto jednotlivé skeny do jednoho celku spojit až v 3D softwaru.

[REDACTED]
[REDACTED]

Skenování provádí ze vzdálenosti 1-2 metry ode zdi.

Průběh skenování zaznamenali [REDACTED]

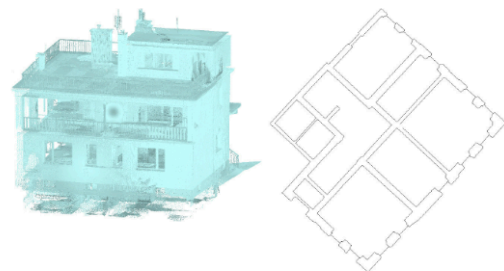
Zařízení pro 3D skenování

V případě skenování prostorů budov je žádoucí použití 3D skenerů s velkou plochou snímání. Je třeba počítat s tím, že s vyšší plochou snímání obvykle klesá úroveň zachycených detailů (rozlišení).

Profesionální Terestrické laserové skenery (TLS)

Vyznačují se vysokou přesností, ale i cenou. Jako příklad zmíním Geotronic Praha provádějící 3D skeny nemovitostí pomocí 3D Skeneru [FARO Focus Premium](#). Jde o skener, který se umísťuje v nemovitosti průběžně do řady stanovisek, kdy "snímky" z jednotlivých stanovišť jsou následně sdruženy a převedeny do 3D modelu.

- 31 místností – přízemí, 1.patro, 2.patro, sklep
- 95 stanovisek, 1 stanoviško = 3min, celkem 5.5hod
- Trimble RealWorks
 - Automatická registrace na plochy



Poznámka: daný 3D skener si [lze i zapůjčit](#).

Matterport Pro 3

Obdobným způsobem funguje signifikantně levnější 3D skener [řešení Matterport](#) - specificky 3D Skener [Matterport Pro 3](#). Oproti jiným TLS jde o velmi ekonomickou variantu, vykoupenou mnohem nižší přesností (+/- 20mm @ 10m), která však pro účel vašeho měření může být dostatečná. Cena od \$5,995.

- Skenování: LiDAR Laser Class 1 (dle [IEC 60825-1:2014](#)), vlnová délka 904nm, FoV 360° H / 295° V, dosah až 100m (s E57), přesnost +/- 20mm @ 10m, 100k points per second / 1.5M points per scan, automatická 3D registrace dat
- Zobrazení: Výstupní panoramatické rozlišení 134.2MP, HDR fotografie na základě 5 různých expozičních (snímků) | Vyvážení bílé: Automatic, full model
- Systém: Rychlost snímání pod 20 sekund na skenování | Čas spuštění fotoaparátu do 40 sekund | Bezdrátová komunikace: BLE pro nastavení připojení Wi-Fi (WiFi 802.11 5GHz) pro komunikaci s mobilním zařízením s aplikací Capture App (slouží pro ovládání skeneru)
- Obecné: Výdrž na baterii: až 3.5 hodiny (přes 220 skenů za předpokladu nepřetržitých, po sobě jdoucích skenů). 2.5 hodiny při 80% nabití. | 181mm x 161.4mm x 76mm, 2.2 kg, IP43

Matterport umožňuje výstup ve formě CAD souborů, a to prostřednictvím placené objednávky, viz <https://matterport.com/cad>. Cena je kalkulována dynamicky, na základě modelu. Doba zpracování je 2-4 dny, tedy nemusí jít o plně automatizovaný proces. V případě zájmu lze na Sales požádat o podrobnosti o ceně.

Ruční 3D skenery

Ruční skenery jsou přenosnější a flexibilnější než terestrické skenery. Tyto skenery jsou užitečné pro rychlé skenování menších prostorů nebo objektů

Mnoho z nich má nízký dosah (nutnost skenování blízko u stěny a tedy i malé plochy) - jsou určeny především pro sken objektů, jako jsou strojírenské výrobky a podobně.

Mezi 3D skenery pro sken vnitřních a vnějších prostor spadá například prémiový [Leica BLK2GO \(\\$55,575\)](#).

[Shining3D Einstar](#) (€959,00) je cílený na sken větších objektů (automobilové díly a celé automobily), sken nemovitostí je diskutabilní (spíše ne než ano).

U robotů se používají 3D skenery typu na způsob [RealSense LiDAR Camera L515](#) - tento typ skenerů vzhledem k nutnosti řešení obslužné aplikace nemá smysl uvažovat.

Mobilní telefony a tablety s Lidar skenerem

Mobilní telefony a tablety nabízejí rychlé a pohodlné skenování, ale s nižší přesností ve srovnání s profesionálními systémy.

Pokud jde o použití LiDARu (a ne čisté fotogrammetrie popř. jiné metody snímání), výběr se zužuje pouze na jednoho výrobce - Apple, respektive jeho modely

- Apple iPad Pro od verze 2020
- Apple iPhone Pro od verze 12 (ve standardní i Max variantě)

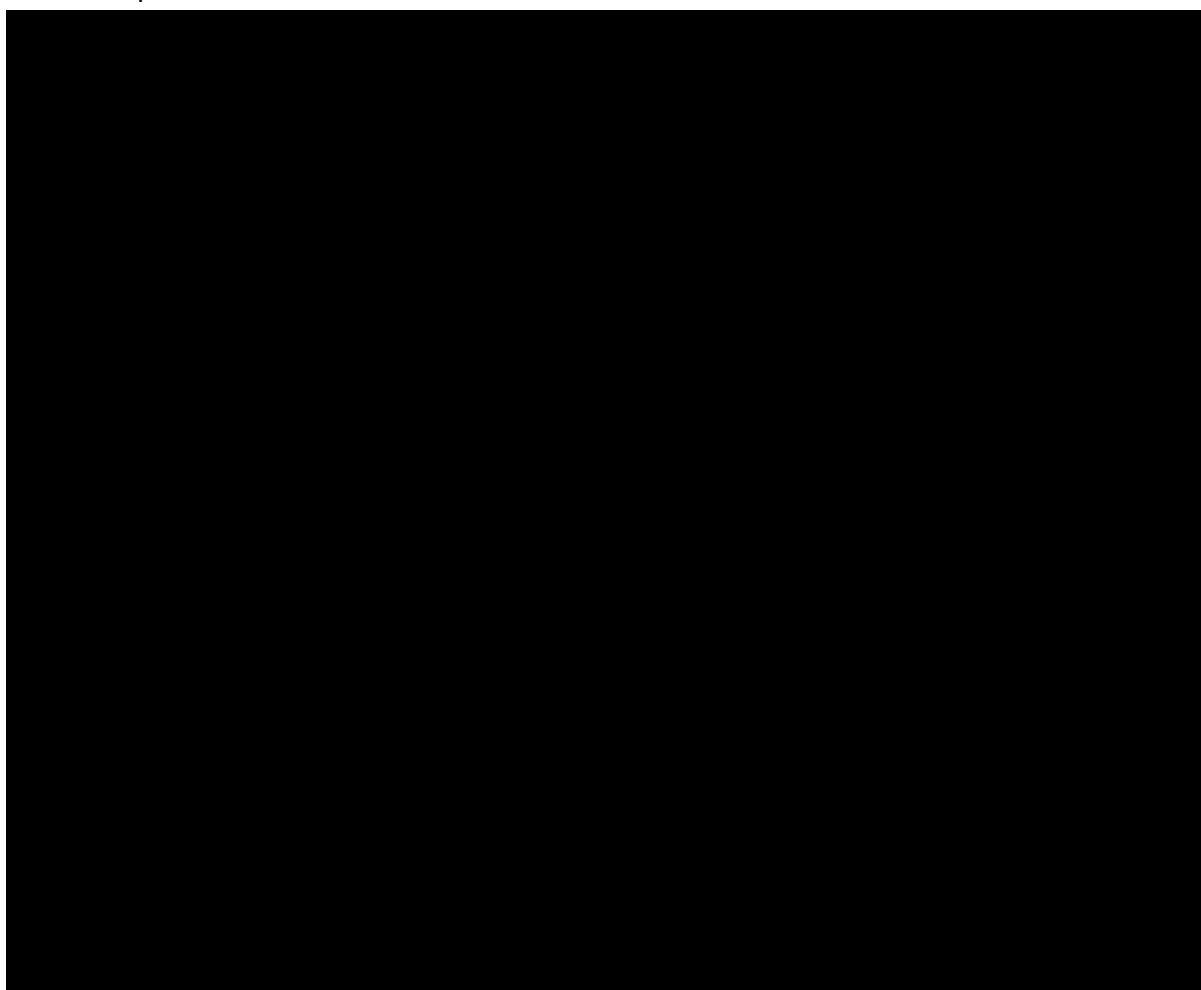
Modely výše obsahují integrovaný [Apple LiDAR](#). Současně na trhu existují i přídavné LiDAR senzory pro iPady. Aktuální verze [Structure Sensor Pro](#) vychází na \$995. Přesnost tohoto LiDARu se uvádí: 1 mm na 500 mm / 3.5 mm na 1m / 11mm na 2m, [viz graf](#).

Z času na čas se sice objeví i android telefon obsahující LiDAR senzor (verze modelu Samsung s23), avšak v kontextu velikosti trhu a od toho odvíjecího ekosystému dostupných aplikací nemá smysl při využívání LiDAR senzoru řešit zařízení od jiného výrobce, než je Apple.

LiDAR senzor na produktech Apple iPad Pro a iPhone Pro se nachází ve formě černého kruhového senzoru poblíž zadních fotoaparátů.



Využívá se zde statického LiDAR senzoru s technologií Time of Flight (ToF) - tedy senzor vysílající laserové paprsky do okolí a měřící čas, který trvá odraženým paprskům k návratu zpět do senzoru. Tento proces umožňuje přesné mapování prostoru a objektů ve 3D. V rámci modelů Apple je maximální dosah laserových paprsků omezen na vzdálenost 5 metrů. Od toho se odvíjí jedna nevýhoda - máme-li velmi velký prostor (otevřená výrobní hala), kde není k dispozici mnoho "kotevních prvků" (stěny oddělující místnosti apod), skeny mohou být značně nepřesné, viz:



Jednopodlažní hala o rozměrech 30x40 metrů a výšce stropu 6-7 metrů pomocí Apple Lidar. Zelený obrys znázorňuje skutečný rozměr.

V případě 3D skenu běžných rezidenčních prostor rozdělených do místností běžných rozměrů je k dispozici dostatek kotevnic bodů a tedy i mnohem nižší riziko vzniku zásadních odchylek, jako tomu bylo v případě výše zmíněné haly. Nicméně, je třeba si této vlastnosti být vědom.

[REDACTED]

Závěrem

Na základě potřeb a klientské preference se dále budu zabývat pouze problematikou skenování pomocí [REDACTED]. U samotného skenování nejde jen o techniku (použitý skener), ale i následné zpracování modelu. U uzavřených systémů, [REDACTED], je k dispozici pouze jedna aplikace, a tedy veškeré možnosti jsou plně v rukou jednoho vývojáře.

[REDACTED]

Aplikace [REDACTED] na 3D skenování

[REDACTED] lze najít desítky aplikací pro “3D skenování a měření”. Aplikace se liší využívanou technologií snímání - LiDAR / Fotogrammetrie, vesměs však, umožňuje-li to hardware, pracují s LiDARem a fotoaparátem v kombinaci.

Veškeré aplikace používají vždy ten samý základ - Hardware zařízení (LiDAR, fotoaparát, CPU...) - Aplikace tedy obdrží shodný vstup a rovněž mají přístup ke shodným nástrojům (SDKs a APIs poskytované [REDACTED]) - jediné, v čem se tedy mohou lišit, je mimo nepodstatné UI prostředí hlavně softwarová optimalizace, práce se vstupními daty, zpracování dat do 3D modelu v Cloudu, a možnosti výstupu modelů - exportu do dalších softwarů.

Otevřený vstup bez barikád přináší konkurenčnost - 3D skenovací aplikace [REDACTED] se staly komoditou - nedává vůbec žádný smysl cokoli v tomto směru vyvíjet, nejsou-li unikátní požadavky na funkčnost. Namísto toho je vhodné pouze provést následující analýzu:

- na základě jakého konkrétního způsobu snímání daná aplikace model produkuje?
- s jakou přesností?
- v jakých formátech je možné model vyexportovat?
- Jaké jsou náklady na používání?

Je pravděpodobné, že funkčnost jednotlivých aplikací se bude v čase sjednocovat. Možnosti přidávání dodatečných funkcí a zvyšování přesnosti jsou omezené, v průběhu času se bude bojovat často cenou - dokud se trh nekonsoliduje, benefituje z toho uživatel ve formě možnosti používat aplikaci s nízkým předplatným.

Velký přehled aplikací je na adrese <https://vrealmatic.com/3d-sken/aplikace>, níže je výběr nejvhodnějších pro [REDACTED].

[REDACTED]

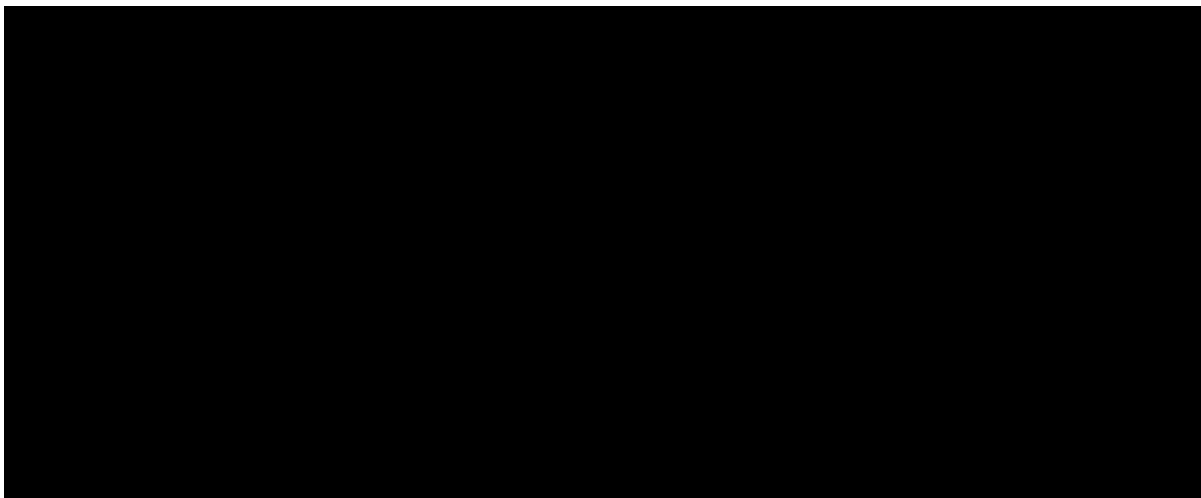
[REDACTED] 3D skenování s pomocí LiDARu i fotogrammetrie. Aplikace současně umožňuje vytváření 360° fotografie. Aplikace má integrovanou řadu populárních funkcí, její běh je stabilní a ovládání uživatelsky přívětivé. Exporty jsou možné v surových datech i kompatibilním formátu pro velké množství grafických a konstrukčních programů.

[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]

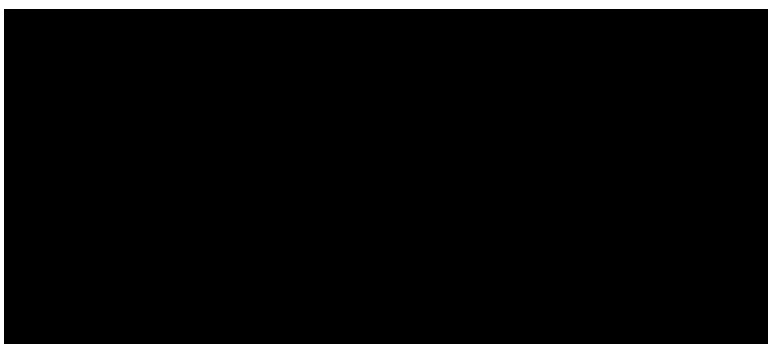
[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]

Kompletní informace jsou popsány na [REDACTED].

Přesnost 3D Skenu (zelená referenční, model skutečná)



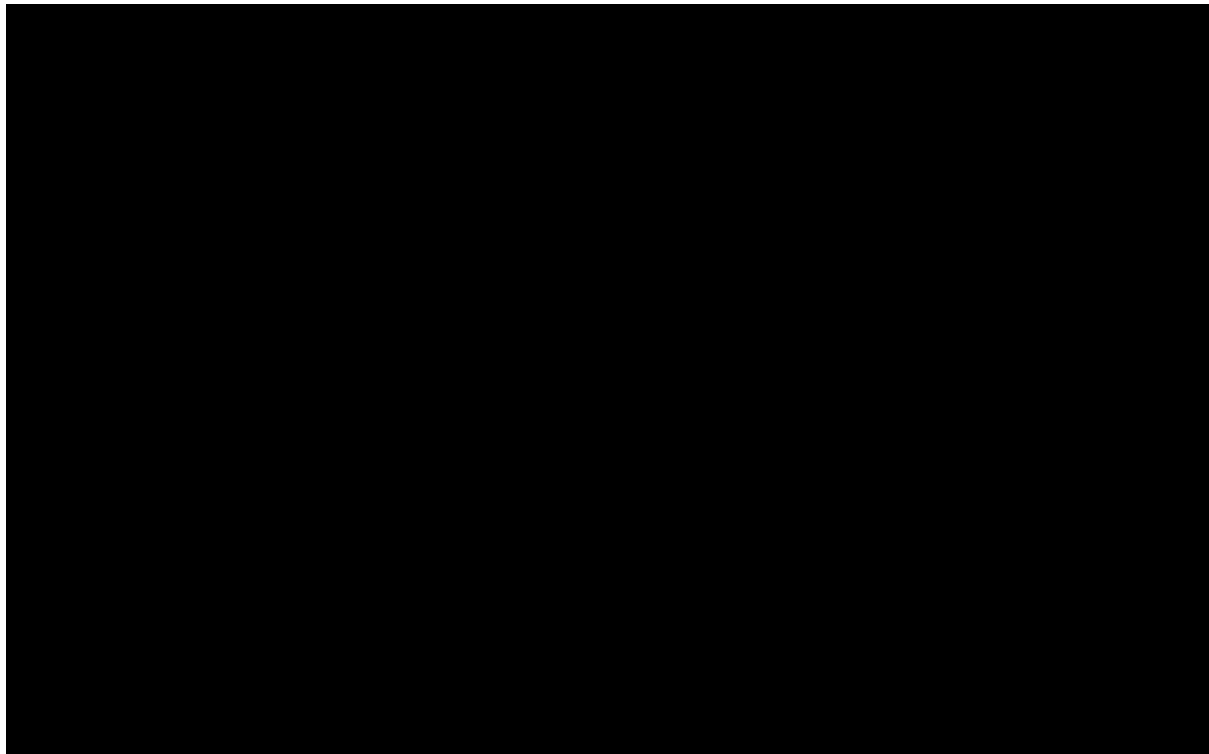
Naměřená přesnost (Skener v ruce při skenování):



Aplikace obsahuje i funkci [REDACTED] (generické api vyvinul a poskytuje [REDACTED]), které na základě dat z lidarů generuje [REDACTED]. Tento model však není stoprocentní - AI rozpoznávání by chtělo vylepšit (občas detekuje špatně), chtělo by přidat podporu prvků (nosné sloupy) a podobně. [REDACTED] je nicméně vylepšován s každou [REDACTED] verzí, například verze [REDACTED] dostala schopnost rozpoznání [REDACTED]. Stále to však není plně použitelné.

Srovnání je na [REDACTED] Chyby jsou rovněž rozepsány na [REDACTED].

[REDACTED] umí i generování [REDACTED]
[REDACTED]



V případě výše šlo o použití [REDACTED] s LiDAR senzorem. Zaznamenané skeny aplikace umí zálohovat na [REDACTED].

V případě testu, i přes nastavený metrický systém v nastavení, měření jsem měl v palcích (otázka času, než chyba bude opravena - mohu nareportovat).

Převod [REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED] je designována pro použití v architektuře, inženýrství a stavebnictví. Umožňuje záchyt [REDACTED] pořízených pomocí [REDACTED] typicky s přesností [REDACTED].

S využitím [REDACTED] podporuje skenování plochy až [REDACTED] v přesnosti, jako by byl při skenování menšího prostoru (provádí se několik menších skenů, které jsou sjednoceny).

V rámci skenu lze přímo dělat [REDACTED].

Odkaz na Best practices pro provádění 3D skenu s danou aplikací [REDACTED].

V defaultním módu je možné exportovat [REDACTED]. Ty lze nativně otevřít například v softwaru [REDACTED]. Na základě těchto modelů je potom nutné [REDACTED].

[REDACTED] nabízí placenou službu [REDACTED]. Výstupem je [REDACTED]

[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]

Rychlost zpracování:

[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]

[REDACTED] udává, že dodávky jsou modelovány na úrovni vývoje (LOD) 200. Při dodržení Best practices, [REDACTED]. Řada faktorů však může způsobit větší míru nepřesnosti oproti skutečným podmínkám na místě a [REDACTED] neposkytuje žádné záruky ani ujištění týkající se přesnosti [REDACTED].

Ukázka Exportů (odkazy):

[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]

Cenu převodu [REDACTED] uvádí až při objednávce. V případě zájmu doporučuji zaslat dotaz.

Měsíční předplatné [REDACTED].
Řešení je oproti [REDACTED].
[REDACTED].

[REDACTED]

Aplikace: [REDACTED]

[REDACTED] je optimalizován pro skenování obytných prostředí, která obvykle nepřesahují [REDACTED].

Konkrétní limit velikosti prostoru [REDACTED] není striktní, lze skenovat i více. Je-li potřeba, nebo je to pohodlnější, je možné rozdělit skeny podle místnosti nebo podlaží. [REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]

[REDACTED] obvykle poskytne tolerance přesnosti v rozmezí [REDACTED] (záležitost přesnosti LiDARu). U projektů vyžadujících vyšší úroveň přesnosti lze [REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]

Best practices pro skenování: [REDACTED]

Ukázka reportu měření: (odkaz)

[REDACTED]
[REDACTED]

Cena používání [REDACTED]

[REDACTED] je zdarma ke stažení, skenování a měření. Umožňuje zdarma skenovat prostory, což automaticky zachytí všechny rozměry. Jediným výstupem, který je zdarma, je [REDACTED]

Monetizace [REDACTED] je založena na nákupu hotových modelů a výkresů:

- Generování [REDACTED] vyjde na [REDACTED] Dodání je do 2 dnů.
 - Více o [REDACTED] službě:
[REDACTED]
 - Více o cenotvorbě:
[REDACTED]

[REDACTED]

Aplikace: [REDACTED]

[REDACTED] přichází (dle webu) s napojením AI do procesu [REDACTED]. Přesto, získání modelů trvá dva dny.

Cena [REDACTED]
[REDACTED]

V [REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]

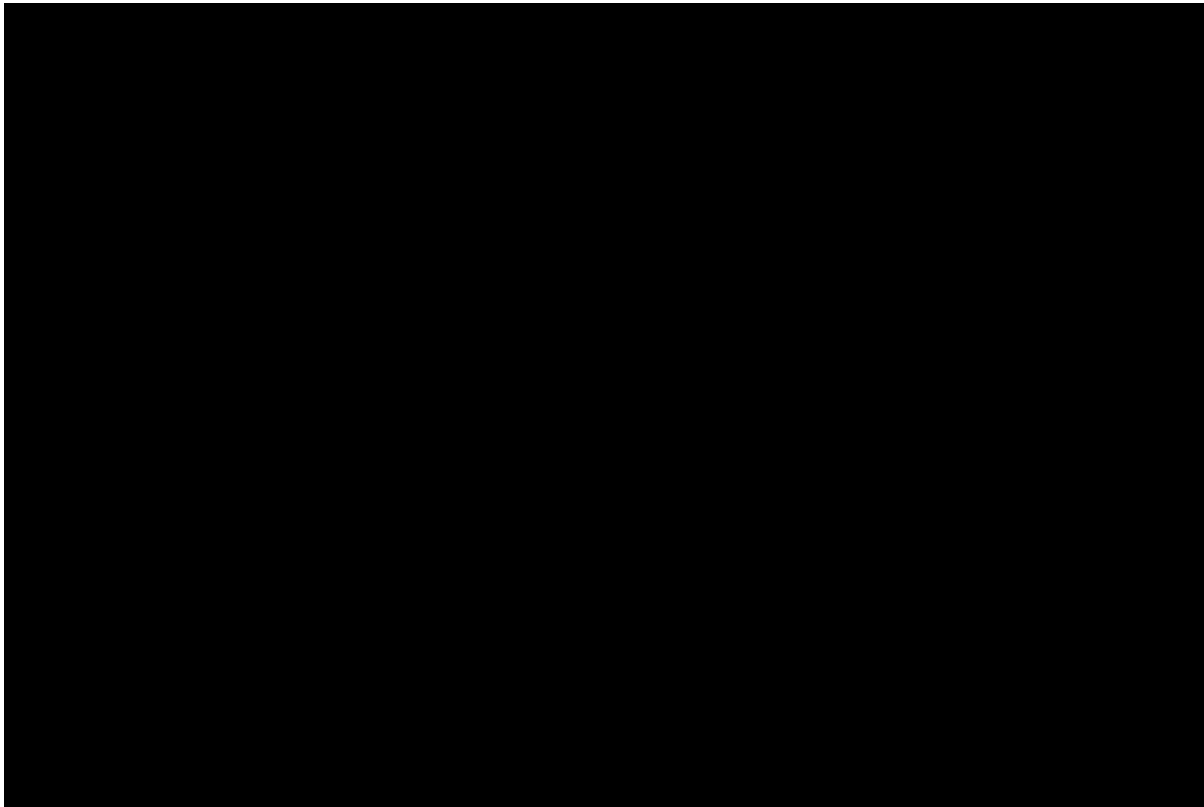
[REDACTED]

Aplikace: [REDACTED]

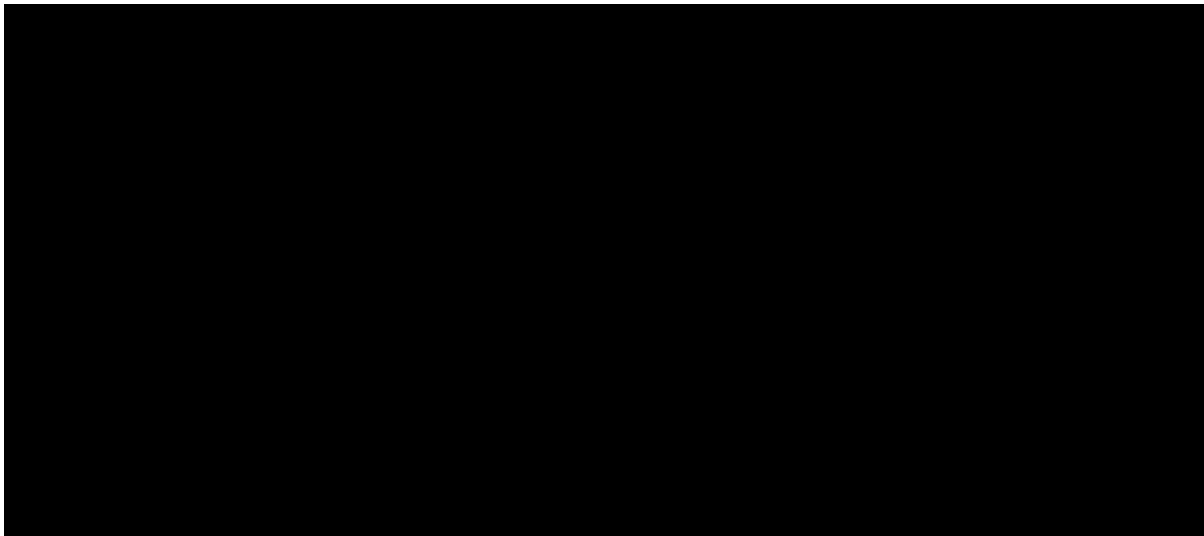
YouTube: [REDACTED]

[REDACTED] mimo běžného skenování má i [REDACTED]. To se bude průběžně zlepšovat s updatey [REDACTED]. Vedle toho má i funkci [REDACTED].

Video: [REDACTED]



Zajímavé je propojení s Laserovým dálkoměrem - odkaz na video.



Kompatibilní modely [REDACTED]

[REDACTED]

[redacted]
[redacted]
[redacted]
[redacted]
[redacted]

Možnosti exportu umožňují [redacted]

Ukázky exportu:

[redacted]
[redacted]

Řešení je dražší [redacted]

[redacted] odkaz na ceník:
[redacted]

[redacted]
[redacted]

[redacted] lze zdarma vyzkoušet - viz Demo sekce.

Demo na vyzkoušení

[redacted]

[redacted]
[redacted]
[redacted]
[redacted]
[redacted]
[redacted]
[redacted]
[redacted]
[redacted]

[redacted]
[redacted]

[redacted]
[redacted]
[redacted]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

Závěrečné ustanovení / doporučení

Jestliže přesnosti měření na výše popsaných úrovních dostačují (přesnost [REDACTED]), [REDACTED] by měl být pro skenování dostatečný. Doporučuji však prvních pár zaměření brát jako testovací, a provádět odměření i manuálně, než získáte jistotu.

Pokud daná přesnost je nevyhovující, stále lze [REDACTED]. Redukuje se takto čas nezbytný pro [REDACTED]. Tento způsob lze provádět s [REDACTED]. Ačkoli toto řešení pracuje s přesnými rozměry, oproti 3D Scanu s pomocí LiDARu je zhruba 2x pomalejší. V rámci této zkoušky byly změřeny následující rychlosti měření:

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

První metoda je nejen časově podstatně náročnější než dvě zbylé, v případě dalšího využití náčrtů je mnohdy nezbytné [REDACTED]. Naproti tomu, zbylé 2 metody v daném čase jsou již "hotovými" [REDACTED]

Ohledně nákupu [REDACTED], doporučil bych nejnovější model, a to z následujících důvodů:

- Nejvýkonnější procesor - Procesor zpracovává data. Rychlejší procesor urychluje [REDACTED]. Dále je vhodné zvolit model s vyšší kapacitou baterie. [REDACTED] větší pasivní chladič.
- Poslední model LiDARu

Dále bych doporučil používat při skenování stabilizátor. Mimo odizolování třesu rukou, a tím zvýšení kvality napojení v modelu, dojde rovněž k odizolování [REDACTED] od tepla lidské ruky - tedy lepšímu chlazení v průběhu skenování.

[REDACTED] zajímavou volbou řešení [REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]

Jako druhá nejlepší [REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]

Třetí nejlepší variantou vyšla [REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]

[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]

Dále bych doporučil se zhruba jednou ročně podívat na funkčnost a cenu dalších aplikací a zhodnotit, zda současné řešení je stále tím nejefektivnějším.