Platforma MWCare a umělá inteligence

Jíří Potůček,Michal Huptych,Jaromir Doležal,Lenka Lhotská

Anotace

Metody umělé inteligence nacházejí stále častější využití v běžné praxi lékařů. Základem je však vycházet z věrohodných pacientských dat. Tento problém jsme v minulosti řešili v rámci projektu „Platforma MWCare“,jehož výsledkem je informační lékařský systém s nadstavbovými moduly zejména z oblasti telemedicíny,který již našel své uživatele v lékařských praxích.Tato nadstavba umožňuje měření řady parametrů /tlak,teplota,SPO2,EKG a dalších/ z domácího prostředí pacienta. Významným modulem této platformy je i Genetická karta pacienta,pomocí které jsou strukturovaně ukládány genetické informace o pacientovi k dalšímu zpracování /výpočet rychlosti metabolizmu podávaných léčivých látek pacientovi,genetické anomálie pacienta apod/. Tyto nadstavbové moduly jsou součástí základního informačního sytému lékaře/např.SmartMedix,Medicus…/.

Využití umělé inteligence na základě věrohodnotných pacientských dat je ukázáno na AI-modulu-„Hlasová služba“,který bude v příspěvku podrobněji presentován. Daším rozpracovaným AI modulem je „Automatizovaná analýza lékařských zpráv“,který bude presentován v závěru našeho příspěvku.

Klíčová slova

Lékařský informační systém,telemedicína,genetická karta pacienta,optimalizovaná farmakoterapie,virtuální sestra,analýza lékařských zpráv.

1.Úvod

Umělá inteligence (AI) revolucionizuje oblast medicíny mnoha způsoby, nabízí nové nástroje a techniky pro zlepšení péče o pacienty, diagnostiky, léčby a výzkumu. Zde jsou některé klíčové oblasti, kde AI přináší významné změny:

1.1. Diagnostika

Lékařské zobrazování: Algoritmy AI, zejména ty založené na hlubokém učení, se používají k analýze lékařských snímků, jako jsou rentgeny, MRI a CT. Tyto algoritmy dokážou detekovat abnormality, jako jsou nádory, zlomeniny a další stavy s vysokou přesností, často srovnatelnou nebo dokonce lepší než specialisté- radiologové.

Patologie: AI může pomáhat patologům při analýze vzorků tkání, identifikaci rakovinných buněk a dalších patologických stavů rychleji a přesněji.

1.2. Personalizovaná medicína

Genomika: AI pomáhá analyzovat genetická data k identifikaci mutací a predikci rizika onemocnění,pomáhá k výpočtu rychlosti metabolismu léčivé látky pro daného pacienta.To umožňuje vytvářet personalizované léčebné plány na základě genetické výbavy jednotlivce.

Prediktivní analýzy: Modely AI mohou předpovídat výsledky léčby na základě historických dat, což pomáhá přizpůsobit léčbu jednotlivým pacientům.

1.3. Objevování a vývoj léků

Zrychlený výzkum:AI dokáže analyzovat obrovské množství biologických dat k identifikaci potenciálních kandidátů na léky mnohem rychleji než tradiční metody.

Klinické studie: AI může optimalizovat design klinických studií, identifikovat vhodné kandidáty a monitorovat účastníky v reálném čase.

1.4. Robotická chirurgie

Přesné a minimálně invazivní zákroky: Robotické systémy poháněné AI pomáhají chirurgům provádět složité zákroky s větší přesností a kontrolou, čímž snižují riziko komplikací a zlepšují dobu zotavení.

1.5. Virtuální zdravotní asistenti

Interakce s pacienty: Chatboti a virtuální asistenti pohánění AI mohou poskytovat pacientům lékařské informace, připomínat jim užívání léků a dokonce nabízet předběžné diagnózy na základě příznaků.

Duševní zdraví: Aplikace AI jsou vyvíjeny pro poskytování podpory duševního zdraví, včetně terapie a poradenství prostřednictvím chatbotů a virtuálních terapeutů.

1.6. Administrativní efektivita

Elektronické zdravotní záznamy (EHR): AI může zefektivnit správu EHR, usnadňovat zdravotnickým pracovníkům přístup a aktualizaci pacientových informací.

Plánování a správa zdrojů: AI může optimalizovat nemocniční operace, včetně plánování směn,správy lůžek a alokace zdrojů.

1.7. Vzdálené monitorování a nositelná zařízení/telemedicína/

Průběžné monitorování: AI dokáže analyzovat data z nositelných zařízení k monitorování životních funkcí pacientů v reálném čase a upozornit zdravotnické pracovníky na jakékoli znepokojivé změny.

Řízení chronických onemocnění: AI pomáhá při řízení chronických onemocnění poskytovánímprůběžného monitorování a personalizovaných doporučení.

1.8. Zpracování přirozeného jazyka (NLP)

Klinická dokumentace: NLP dokáže přepisovat a analyzovat klinické poznámky, čímž snižuje administrativní zátěž zdravotnických pracovníků.

Výzkum: NLP dokáže procházet obrovské množství lékařské literatury a extrahovat relevantní informace pro výzkum a klinické rozhodování.

1.9.Výzvy a úvahy

Ochrana a bezpečnost dat: Použití AI v medicíně vyvolává obavy ohledně ochrany a bezpečnosti pacientových dat.

Regulace a etika: Je potřeba robustních regulačních rámců, aby bylo zajištěno bezpečné a etické použití AI ve zdravotnictví.

2. Platforma MWCare

Jak bylo již zmíněno,moduly AI v medicíně vyžadují věrohodná pacientská data. Tento problém jsme v minulosti řešili v rámci projektu“ Platforma MWCare . Jde o komplexni lékařský informační systém nové generace ,jehož zíákladni schema je uvedeno na Obr.1.

ZDE UMISTIT OBR.1.Základní schéma „Platformy MWCare“

Základem nové platformy je běžný informační systém /IS/ ,který lékař používá v rutinní praxi.Na trhu je několik takových IS,my pracujeme s lékaři používající IS SmartMedix a Medicus. Přes standardizované rozhraní komunikuje IS s naší telemedicínskou platformou,která poskytuje vybraná data o pacientovi / zejména tlak,teplota,SPO2,EKG ,glykémie a další/ v domácím prostředí.Dalším významným modulem,který též komunikuje s běžným IS lékaře je „Genetický modul“,jehož základem je personální genetická karta /PGK/ pacienta. Je určena pro propojení reprezentace výsledků genetického vyšetření s klinickou interpretací/rekomendací na základě těchto výsledků na personalizované úrovni s jistou mírou customizace.Jelikož je aktuálně jedním z hlavních zdrojů znalostí v genetice PharmGKB,je i rozdělení interpretací v PGK vytvořeno s inspirací z PharmGKB.

V minulosti jsme se podrobně společně s našimi kolegy z holandského Groningenu věnovali problému TDM /terapeutical drug monitoring/. Na základě tohoto výzkumu vznikl společný produkt MWPharm,který je dnes využíván pro řešení problému TDM ve spojení nejen s IS lékaře,ale i celé nemocnice ,ve více než 30 zemích světa.

Jednotlivé nadstandardní moduly IS budou dále podrobněji specifikovány.

2.1. Telemedicínská platforma

Zakladní schema telemedicínské platformy je na Obr.2

Zde umistit OBR.2 Schema telemedicínské platformy

Platforma poskytuje nejlepší řešení pro domácí vyšetření,diagnostiku a primární správu bez čekání.Pacient může svůj zdravotní stav konzultovat se svým lékařem prostřednictvím audiovizuálního hovoru pomocí netebooků,tabletů,iPadů a chytrých telefonů.Pacienti mohou také snadno kontrolovat svůj zdravotní stav doma a poskytovat svým lékařům požadované udaje.

Platforma poskytuje nejlepší řešení pro domácí vyšetření, diagnostiku a primární správu bez čekání. Pacient může svůj zdravotní stav konzultovat se svým lékařem prostřednictvím audiovizuálního hovoru pomocí notebooků, tabletů, iPadů, chytrých telefonů atd.
Pacienti mohou také snadno kontrolovat svůj zdravotní stav doma a poskytovat svým lékařům požadované údaje.

2.1.1.Telekonzultace

Telekonzultace je základním modulem telemedicíny.Má pro oba partnery několik výhod/ pacient a poskytovatel zdravotní péče/:
• Snižuje riziko šíření infekce - je ideálním řešením pro péči o pacienty v karanténě, například o pacienty COVID.
• Lékařské záznamy jsou na jednom úložném místě a jsou vždy k dispozici.
Vhodná je pro virtuální návštěvu lékaře i pro domácí vyšetření
• Přehled anamnézy pacienta na jedno kliknutí
• Zasílání lékařských předpisů
• Úspora času (čekání v čekárně ...)
• Možnost mít rodinné účty - rodiče mají přehled o zdravotních záznamech svých dětí
• Snadné objednávání - ať už na online konzultaci, nebo na osobní fyzickou návštěvu
• Monitorování různých parametrů u chronických pacientů
• Odesílání souborů na zabezpečené platformě .

2.1.2.Tele-kardiologie
Je určena pro vzdálenou péči o chronické srdeční pacienty.
Pacienti si mohou objednat online konzultaci se svými kardiology.
K dispozici jsou audio - vizuální konzultace i chat.
Kardiologové však mohou dokonce sledovat EKG svých pacientů pomocí několika připojených EKG zařízení, například Polar nebo D-Heart-vz Obr.3

Zde umístit Obr.3 D-Heart a Polar

2.1.3.Tele-pediatrie

Je určena pro vzdálenou péči o dětské pacienty v rámci rodinného účtu.
Pomáhá těmto pacientům virtuální konzultace s jejich pediatry, kteří nejsou schopni fyzické návštěvy.K dispozici jsou audio- vizuální konzultace i chat.Všechny předchozí lékařské záznamy jsou uloženy v tomto modulu a jsou vždy k dispozici poskytovateli zdravotní péče.
Tělesnou teplotu lze sledovat na dálku pomocí několika připojených teploměrů.-viz Obr.4.

Zde umístit Obr.4 Telepediatrie

2.1.4.COVID kit

Je určen pro péči o pacienty se SARS-CoV-2. Poskytuje jim možnost zůstat v karanténě a v kontaktu se svými poskytovateli zdravotní péče.Umožňuje bezpečnou komunikaci pacienta i lékaře.K dispozici jsou audio, vizuální konzultace i chat. Poskytuje lékařům sledování vitálních funkcí jako je tělesná teplota, pomocí inteligentního teploměru a také kontrolu saturace krve kyslíkem pomocí moderního oxymetru.Je navíc vybaven HD kamerou pro vyšetření krku.-viz Obr.5.

Zde umístit Obr.5 COVID kit-koncova zarizeni

2.1.5.Tele-diabetologie

Je určena k péči o pacienty s diabetes mellitus. umožňuje pacientům absolvovat virtuální zvukovou, vizuální konzultaci a chat s jejich diabetology. Diabetologové mohou vzdáleně sledovat hladinu glukózy v krvi svých pacientů pomocí několika chytrých glukometrů. Všechny sledované údaje a všechny lékařské záznamy pacientů jsou uloženy a jsou vždy k dispozici.

Zde umístit Obr.5 Nejčastěji používaný glukometr pro telediabetologii /FORA/

2.1.6.Tele-dermatologie

Je určena k péči o pacienty trpící kožními problémy, pomáhá těmto pacientům absolvovat virtuální zvukovou, vizuální konzultaci a chat s jejich dermatology. V tomto modulu je poskytována HD kamera, která těmto pacientům usnadňuje dermatologické vyšetření jako je Versascope s vybaven výměnnými čočkami, které umožňují přesné dermatologické vyšetření.
mohou sloužit jako otoskop, rhinoskop a jsou vhodné pro vyšetření hrdla a dermatologické vyšetření.

Zde umístit Obr.6 Teledermatologie

2.1.7. Telefarmakologie

- Telepharmakologie podporuje celou optimální farmakoterapii potřebnou pro přesné elektronické předepisování. Umožňuje zdravotnickým pracovníkům získat společnou obrazovku s MWpharmDIS, která zahrnuje jak Vidal Consult, tak MWpharm+ +.Poskytuje dostupnější a nákladově efektivnější aktualizované informace o lécích a také optimalizované individuální dávkování léků.MWPharmDIS je MWPharm++ doplněný Vidal Consult, který poskytuje kompletní referenční informace o lécích dostupných na trhu, pomáhá kontrolovat bezpečnost předepisování a umožňuje správu a optimalizaci nemocničního receptáře.MWPharm++zahrnuje aplikaci matematických a statistických algoritmů,využívajících simulační integraci proměnných pacienta (tj. apriorní předpověď) a hodnot plazmatické koncentrace jednotlivých léčiv(tj. aposteriorní předpověď bayesovského prognózování).Podrobněji viz lit: Tento modul byl vyvinut specielne pro brazilský trh,kde je využíván lékový inf. Systém Vidal Consult.

2.2.Personální genetická karta

Vzhledem k využívání výstupů z genetické analýzy v klinické praxi je nezbytné tyto výsledky provázat s aktuální znalostí v oblasti interpretace genetické informace a existujícími rekomendacemi a doporučenými postupy (guidelines**).** **Personální genetická karta (PGK) je určena pro propojení reprezentace výsledků genetického vyšetření s klinickou interpretací/rekomendací na základě těchto výsledků na personalizované úrovni s jistou mírou customizace.** Jelikož je aktuálně jedním z hlavních zdrojů znalosti v genetice PharmGKB, je i rozdělení interpretací v PGK vytvořeno s inspirací z PharmGKB. Reprezentace genetického vyšetření má tak v rámci PGK dvě možné podoby:
První je kombinace genu, jedno-nukleotidového polymorfismu (rs kód) a genotypu (např. v podobě MTHFR - rs1801133 AA, AG, GG, apod.) Tato reprezentace je v aktuální verzi využita při přiřazení tzv. dílčích interpretací (naše pojmenování). Tyto interpretace jsou víceméně vágní, nedávají konkrétní doporučení, spíše popisují možné interakce na základě doložené literatury. Dílčí interpretace je možné obecně využít pro upozornění v klinických podmínkách na možné interakce (metabolizace, toxicita, atd.) léčivých látek u lidí s daným genetickým profilem. Druhým typem reprezentace je kombinace genu a haplotypu (např. CYP2D6 *1/*1, *1/*2). Jedná se o kombinaci alel v daném genu, odkazujících na různá místa sekvence DNA. Tato reprezentace je teoreticky převoditelná na reprezentaci pomocí jedno-nukleotidových polymorfismů a genotypů. Avšak není to vždy vhodné, s ohledem na fakt, že pod

jedním haplotypem může být obsaženo desítky jedno-nukleotidových polymorfizmů. Je vždy otázka, na jaké granularitě je intepretace/rekomendace požadována. Reprezentace pomoci haplotypu je často využívána pro určení rychlosti metabolizace a v několika případech, přes účinnou látku, navázána na rekomendace (také guidlines). Guidlines jsou v dnešní době tvořeny několika odbornými společnostmi a panely (např. CPIC a Dutch Royal Drug panelClinical Pharmacogenetics Implementation Consortium (CPIC), the Royal Dutch Association for the Advancement of Pharmacy - Pharmacogenetics Working Group (DPWG), ale i další).

V rámci PGK může být implementován mechanismus určení rychlosti metabolismu, ale následná rekomendace ohledně úpravy dávky je dána buď na materiály v rámci odborných skupin nebo jiným (vlastním) mechanismem (se zodpovědnosti na tvůrci mechanismu). Fungování PGK by mělo být deklarováno jako standardní webová aplikace (informační systém), ke které má definovaný přístup lékař, pracovník laboratoře provádějící genetické vyšetření a tvůrce/zadavatel interpretací/rekomendací. V základu lékař vytvoří žádanku pro gen. vyšetření, která bude součástí PGK (předpokládaná se stále i papírová forma). Při vytvoření žádanky se zároveň v rámci PGK vytvoří prostor pro výsledky gen. vyšetření, resp. jeho reprezentaci spojený přes anonymní identifikátor pacienta. Následně jde pacient buď s papírovou žádankou nebo i bez, do definované laboratoře, která má k PGK také přístup. Ta provede, po podpisu informovaného souhlasu, odběr (bukální stěr, krev) a následně provede sekvenaci podle lékařem definovaného panelu (souboru genů, případně polymorfizmů pro vyšetření). Je stále otázka převodu výsledků sekvenace do požadované reprezentace očekávané na vstupu PGK, ale zde záleží na vybavení laboratoře a podle toho je potřeba definovat tento převod. Na vstupu PGK se očekává daný vstup (viz výše i dále). Výstup z této pipeline je propojen z se vstupem PGK. Po náhradní reprezentace výsledků gen vyšetření do PGK dojde k přiřazení interpretací/rekomendací v rámci definovaného panelu a informace se v kombinaci uloží (možné vytvořit notifikaci pro lékaře, že vyšetření bylo provedeno). Lékař může následně projít dané interpretace/rekomendace a určit, které jsou pro jeho další rozhodování relevantní a využitelné. Ke všem interpretacím/rekomendacím, je v rámci PGK připojen zdroj v podobě odkazů na znalostní databáze, ze kterých je znalost brána (může být i kombinace databází) a články, na základě, kterých interpretace/rekomendace vytvořena. Pro lékaře by měla být zásadní možnost rychlého přehledu (možnosti filtrace) informací z gen. vyšetření (např. přes léky, které pacientovy předepisuje) a tak reálné využití těchto informací v klinice. Řetězec zpracování genetické informace z pohledu PGK lze rozdělit do 5 částí:

1. Žádanka pro genetickou analýzu
2. Zpracování genetické analýzy
3. Převod informací do PGK, uložení reprezentace genetické informace
4. Přiřazení interpretací/rekomendací
5. Zadávání interpretací/rekomendací do systému

2.2.1. Žádanka pro genetickou analýzu

V rámci genetické karty by mělo být možné pro definované panely vytvořit ve spolupráci s laboratoří žádanku pro určené geny ve vztahu k řešeným léčivým přípravkům (resp. jinému účelu). V současné době není v systému PGK žádanka řešena, ale v rámci návrhu byl předpoklad provázání žádanky (její tvorba v rámci PGK) a reprezentace gen. informace v rámci PGK. Úvaha byla na propojení žádanky a PGK přes anonymní identifikátor, který by byl propojený i s systémem žádajícího lékaře. Tento postup byl volen s ohledem na záměr neukládat v PGK pacientské informace, ale právě pouze anonymní identifikátor. Zde je důležité zdůraznit, že se zde jedná o situaci ohledně genetického vyšetření ve vztahu k léčivům. V rámci PGK je samozřejmě možné definovat interpretace/rekomendace pro jakékoliv jiné gen. vyšetření, tj. i pro ty dnes standardně definované. Právní ošetření genetického vyšetření je dáno podpisem informovaného souhlasu pacientem (vyšetřovaným).

2.2. 2. Zpracování genetické analýzy

Tento krok je plně v dikci genetické laboratoře. Důležité z pohledu PGK je výstupní formát dat, který je potřeba převést do genetické karty. PGK byla vytvářena se záměrem ukládat pouze definovanou reprezentaci genetického vyšetření, nikoliv všechna data z vyšetření. Reprezentace může být rozsáhlejší než základní identifikátory (gen-polymorfyzmus-genotyp, gen-haplotyp). Je to otázka rozhodnutí o potřebě rozsahu reprezentace vyšetření (viz následující bod). Formát výstupu genetického analyzátoru může záviset na formě sekvenace (microarray, v dnešní době nejpravděpodobněji NGS) a výstupu zařízení (resp. způsobu jakým firma výstupní data poskytuje, exportuje).

2.2.3. Převod informací do PGK, uložení reprezentace genetické informace

V návrhu genetické karty bylo vždy uvažováno o vstupu reprezentace genetického vyšetření, tedy převodu výstupu z genetického testu na informace o genu, polymorfizmu, genotypu, resp. haplotypu, ale může do ní být zařazena např. i reprezentace v rámci RefSeq (NCBI Reference Sequence Database), která je ale provázána s dbSNP databází jedno-nuklidových polymorfizmů nebo reprezentace v rámci HGVS (opět existuje provázání s jinými databázemi a často se kombinuje s reprezentací RefSeq). Pro PGK je zásadní, že na jejím vstupu je očekávána tato reprezentace a je tedy nutné definovat pipeline od výstupů sekvenace k informacím reprezentace očekávaných v PGK. V rámci PGK se o začátku nepočítalo s tímto modulem, protože není zcela jasné, které všechny kontroléry by PGK musela obsahovat a definoval se tento převod jako samostatný, předřazený vstupu dat do PGK. V rámci PGK je informace ukládána jako spojení informací o vyšetřovaném (ideálně anonymní identifikátor s provázáním na AIS DB žádajícího lékaře) a výsledku genetického vyšetření. Tato informace je v rámci PGK zašifrována a v návrhu bylo uvažováno přiřazení jednoznačného identifikátoru pro propojení s interpretacemi (resp. rekomendacemi). V aktuální verzi PGK jsou pouze fiktivní pacienti.

2.2.4. Přiřazení interpretací/rekomendací

Interpretace/rekomendace jsou v systému vytvořeny pro všechny uvažované varianty výsledků v rámci definovaného panelu genetického vyšetření. Přiřazení intervencí je tedy selekcí interpretací odpovídajících výsledků genetického vyšetření a přiřazení těchto interpretací k reprezentaci genetického vyšetření. Podobně tak u rekomendací, kde je (v aktuálním chápání guidelines) nastavena na určení rychlosti metabolizace, která by měla být součástí PGK. Z hlediska využití těchto informací zaleží na pohledu legislativy ČR a doporučených postupů na využití informací z jiných zdrojů jako je např. CPIC. Interpretace/rekomendace uvedené v PGK zatím nemají žádnou právní oporu a jejich využití je na uvážení lékaře. Zde znovu konstatujme, že v PGK je možné reprezentovat interpretace/rekomendace pro jakékoliv genetické vyšetření, např. ve vztahu k onemocněním

2.2.5. Zadávání interpretací/rekomendací

Přidávání interpretací/rekomendací by mělo být prováděno odborníkem, který dokáže posoudit relevantnost a validitu zdrojů, ze kterých informace přebírá. PGK předpokládá přebírání možných informací z jiných databází, ale také možnost tvorby samostatných interpretací/rekomendací. V tom případě je garantem interpretace/rekomendace pouze její tvůrce. Je nutné dodat, že genetické laboratoře molekulárně-genetická vyšetření standardně provádějí. Otázka, je jak je to specificky v oblasti administrace léčiv. Dalším důležitým prvkem v této části řetězce jsou aktualizace interpretací a rekomendací a jejich sledování. V současné době není modul pro sledování (hlídaní) aktualizací v rámci PGK vytvořen. Avšak systém pro verzování interpretací/rekomendací by měl být v aktuální podobě PGK řešen.

3. Hlasová péče

Projekt Hlasová péče se zaměřuje na prevenci a včasné odhalení změn ve zdravotním stavu pacientů, zejména seniorů a osob se sníženým přístupem k moderním technologiím. Využitím běžných telefonů a základních měřicích zařízení se eliminuje potřeba drahých chytrých zařízení, chytrých mobilních telefonů, internetového připojení a různého nastavování.

Cílem projektu je usnadnit přístup k preventivní péči, optimalizovat práci zdravotnického personálu a umožnit efektivnější reakci na potenciální zdravotní rizika.

Hlasová péče funguje jako inteligentní telefonní operátor, který pravidelně volá pacientům dle stanoveného plánu a připomíná jim důležitost pravidelných zdravotních kontrol. Během hovoru pacienty navádí k provedení měření, například teploty, krevního tlaku nebo hladiny cukru v krvi, pomocí běžných digitálních přístrojů, které již znají a používají. Výsledky jsou automaticky zaznamenávány a analyzovány prostřednictvím umělé inteligence, která vyhodnocuje odchylky od normálních hodnot. Pokud jsou detekovány neobvyklé výsledky, systém automaticky upozorní zdravotnický personál na možné zdravotní komplikace a

umožní včasnou intervenci. Pacienti mají také možnost kdykoli zavolat zpět a získat další instrukce nebo konzultaci ohledně svého zdravotního stavu. Umělá inteligence sumarizuje klíčové informace pro lékaře a sestry, což eliminuje nutnost ručního procházení přepisů hovorů a umožňuje rychlejší reakci na změny zdravotního stavu pacientů. Díky modulární architektuře lze systém snadno rozšířit o další funkce, například sledování dalších zdravotních parametrů nebo integraci s dalšími zdravotnickými technologiemi.

Hlasová péče přináší několik klíčových výhod, které ji odlišují od jiných telemedicínských řešení. Pacienti nepotřebují chytré telefony ani speciální aplikace, což výrazně zvyšuje dostupnost služby i pro technologicky méně zdatné jedince. Kontrolní hovory jsou prováděny automaticky dle předem definovaného harmonogramu, čímž se snižuje administrativní a logistická zátěž zdravotnického personálu. AI model běží přímo v systému, což eliminuje nutnost odesílání citlivých zdravotních dat k externím poskytovatelům a zvyšuje úroveň bezpečnosti a soukromí. Hlasová péče lze snadno propojit s elektronickými zdravotními záznamy, což umožňuje efektivní sledování pacientů. Personál se může soustředit na složitější případy, zatímco AI vyhodnocuje klíčové zdravotní parametry a upozorňuje na případné odchylky.

Projekt přináší široké společenské výhody. Hlasová péče umožňuje seniorům a technologicky méně zdatným pacientům získat přístup k moderní preventivní péči bez nutnosti složitého nastavování a učení se novým technologiím. Automatizace rutinních kontrol umožňuje zdravotníkům věnovat více času pacientům s vážnějšími zdravotními problémy. Zdravotnická zařízení mohou efektivněji alokovat své zdroje a poskytovat kvalitnější péči většímu počtu pacientů. Pravidelné sledování klíčových zdravotních ukazatelů umožňuje rychlejší identifikaci zdravotních komplikací a prevenci vážných onemocnění.

Hlasová péče představuje inovativní a dostupné řešení, které propojuje moderní technologie s jednoduchostí běžných telefonních hovorů. Díky tomuto přístupu mohou i pacienti, kteří se necítí komfortně s používáním chytrých telefonů nebo aplikací, získat kvalitní zdravotní péči a včasnou podporu. Tento projekt tak přispívá ke zlepšení kvality života mnoha lidí a posouvá zdravotní péči směrem k vyšší efektivitě a dostupnosti pro všechny.

4. Automatizované zpracování lékařských zpráv

Hlavním cílem projektu je vytvořit a úspěšně komercializovat 1 nový výstup-komplexní systém, který pracuje výhradně s využitím umělé inteligence , a který zejména praktickým lékařům i pediatrům výrazně usnadní práci s nemocničními zprávami, a to bez ohledu na jejich formu (elektronickou, tištěnou či skenovanou).

Projekt automatizované analýzy lékařských zpráv má tedy za cíl vyvinout celosvětově inovativní systém, který radikálně zlepší efektivitu a přesnost práce lékařů při zpracování nemocničních zpráv. Software je schopen zpracovat zprávy v různých formátech a **pomocí pokročilých metod umělé inteligence umožní automaticky extrahovat klíčové informace. Zkrátí se tak čas lékaře při práci s propouštěcími zprávami, lékař tak může věnovat více času pacientovi. Ve výsledku se tak zvýší kvalita poskytované zdravotní péče, zlepší se spokojenost pacienta s přístupem lékaře. Projekt reaguje na aktuální stav – snižující se**

počet praktických lékařů, zvyšující se průměrný věk lékařů, značná časová náročnost spojená s administrativou, krátký čas věnovaný pacientovi (průměr 7 minut) a ve výsledku tedy i zvyšující se nespokojenost pacientů vytýkajících neosobní přístup lékaře, který ovšem mimo jiné vychází i z nedostatku času, který může lékař pacientovi věnovat.

Hlavním přínosem je tedy využití pokročilých jazykových modelů a automatizovaných metod zpracování textu, díky nimž odpadá zdlouhavé manuální přepisování a zvyšuje se přesnost vytěžovaných informací. Pokud informační systém lékaře umožňuje čtení záznamů pacienta, dokáže náš nástroj při analýze propouštěcí zprávy zohlednit i dřívější diagnózy, výsledky vyšetření nebo chronická onemocnění a upozornit na nová či nesourodá data oproti dosavadnímu stavu. Lékař pak může označené informace přímo přenést do vlastní karty pacienta, čímž se celý proces ještě více zefektivní. Zvláštní důraz bude kladen na ochranu citlivých osobních údajů a dodržení legislativních požadavků, a díky schopnosti průběžného učení se systém přizpůsobí konkrétním potřebám ordinace, čímž dlouhodobě šetří čas, snižuje náklady a přispívá k vyšší kvalitě péče.

České zdravotnictví čelí rostoucímu tlaku na efektivitu a snižování nákladů. Praktičtí lékaři, kteří tvoří značnou část trhu, se potýkají s velkým množstvím nestrukturovaných dat (tištěné zprávy, skeny), jejichž zpracování je časově náročné a náchylné k chybám. Lékaři tak mají zájem o digitální/automatizovaná řešení, která by urychlila a zjednodušila jejich práci. Průzkumy a zkušenosti z podobných projektů žadatele (např. zkušenosti z realizace projektu MEDICUS – informačního systému pro soukromé lékařské praxe – již 4000 uživatelů) svědčí o existenci vysoké poptávky po efektivnějších řešeních pro zpracování lékařských zpráv.

V České republice se navíc snižuje dostupnost základní zdravotní péče, v celorepublikovém průměru připadá na jednu ordinaci až 1860 dospělých a až 1200 dětí a dorostu.

(https://www.dataozdravi.cz/temata/clanky/zdravotnickysystem/infrastruktura).

Podobné informace uvádí i Všeobecná zdravotní pojišťovna, která hovoří až o kritickém nedostatku zejména praktických dětských lékařů (https://www.vzp.cz/o-nas/aktuality/vzp-sehnala-praktiky-i-zubare-detskych-praktiku-mene).

Ačkoliv projekt nemůže řešit současný nevyhovující stav a nízký počet ordinací praktických lékařů, lze se však zaměřit na zvýšení efektivity v poskytování základní zdravotní péče a zkrácení času praktického lékaře, který musí věnovat administrativní agendě na úkor komunikace s pacientem.

Jednou z hlavních výzev je totiž vysoká administrativní zátěž lékařů, která se v posledních letech zvýšila zaváděním nových elektronických systémů, jako jsou e-recepty a evidence tržeb. Tato zátěž přispěla k odchodu mnoha lékařů do důchodu a dále prohloubila nedostatek zdravotnického personálu.

V reakci na tuto situaci Ministerstvo zdravotnictví ČR vypracovalo Národní strategii elektronického zdravotnictví na období 2016–2020, která klade důraz na snižování administrativní zátěže zdravotnických pracovníků prostřednictvím digitalizace a automatizace procesů (https://ncez.mzcr.cz/cs/strategicke-dokumenty-elektronickeho-zdravotnictvi), projekt vychází z potřeb identifikovaných v této strategii. Implementační plán č. **2.3 Digitalizace**

zdravotnictví zdůrazňuje význam digitálních technologií a inovací pro zlepšení kvality zdravotní péče a efektivity zdravotnického systému (https://www.databaze-strategie.cz/cz/mzd/strategie/implementacni-plan-c.2.3-digitalizace-zdravotnictvi).

Česká republika také schválila **Národní strategii umělé inteligence 2030**, která klade důraz na využití AI v různých sektorech, včetně zdravotnictví. Projekt reaguje i na tuto strategii. Cílem je zlepšit kvalitu života obyvatel a posílit konkurenceschopnost české ekonomiky prostřednictvím inovativních technologií. (https://mpo.gov.cz/assets/cz/podnikani/2024/9/Narodni-strategie-umele-intelience-CR-2030.pdf).

4.1.Popis řešení

V rámci realizace projektu vzniká nový SW, aplikace, kterou praktický lékař/pediatr využije v okamžiku, kdy pacient přichází po propuštění z nemocnice.

4.1.1.Aktuální stav

Pacient/nemocnice předá/pošle lékaři propouštěcí zprávu, který musí ve značně omezeném čase (nedostatek lékařů, již tak dlouhé čekací lhůty, apod) zprávu přečíst, nesmí přehlédnout důležitou informaci a podle toho naplánuje další léčbu pacienta. Jde tedy o proces – v kontextu časového nedostatku – značně zdlouhavý s možností, že v časovém presu lékař přehlédne důležitou informaci.

4.1.2.Cíl realizace projektu – plánovaný stav

Cílem je následující proces. Pacient přijde k praktickému lékaři/pediatrovi po propuštění z nemocnice. V ideálním případě je jeho propouštěcí zpráva dostupná ve standardizované strukturované podobě (není nutné řešit, zda se nachází v úložišti nemocnice či na centrálním úložišti spravovaném vyšší autoritou), nebo ji pacient pošle v PDF podobě zabezpečeným e-mailem, přičemž se dokument nahraje do nové aplikace. Pokud má pacient zprávu pouze v tištěné formě, sestra ji vyfotí nebo naskenuje a nahraje do webové aplikace, ještě předtím, než pacient vstoupí k lékaři do ordinace.

Po nahrání (PDF, sken, fotografie) se provede převod do textu (OCR). Systém následně extrahuje a anonymizuje citlivé údaje (jméno, příjmení, rodné číslo, pojišťovna, označení zdravotnického zařízení), aby zůstaly pouze v interním úložišti a nebyly předávány do externích služeb třetích stran, konkrétně nejmodernějších modelů z oblasti umělé inteligence (např. GPT-O, MedPaLM a další), které budou v době realizace projektu dostupné. Tyto modely představují špičku současné technologie a byly prokázány jako schopné plnit odborné úlohy na úrovni lékařských zkoušek. Naším cílem není vyvíjet vlastní modely, ale efektivně využít existující state-of-the-art technologie, které již disponují rozsáhlými medicínskými znalostmi a jsou optimalizovány pro práci s nimi. Tímto přístupem zajistíme vysokou odbornou kvalitu zpracování a zároveň chráníme citlivá data.

V případě nestandardizované (slabě či silně strukturované) propouštěcí zprávy se využije jazykový model (LLM) k převedení textu do definovaného formátu podle požadavků NCeZ

MZ ČR, takže bude možné pracovat i s dokumenty, které nejsou dodány ve standardizované podobě.

Naše řešení využívá struktury zprávy dle záměrů MZ ČR, aby bylo připraveno na budoucnost, dokumentace strukturované propouštěcí zprávy viz **https://ncez.mzcr.cz/cs/propousteci-zprava/propousteci-zprava.**

V první fázi, kdy se analyzuje pouze samotná propouštěcí zpráva (bez náhledu do dokumentace pacienta v ordinaci), systém nejprve identifikuje a označí důležité informace podle definovaných kritérií. Tato kritéria mohou být stanovena na základě heuristik či standardů (například doporučení MZ ČR) nebo mohou vznikat učením. Model analyzuje existující označené zprávy a navrhuje takzvaná kandidátská kritéria, která lékař může schválit, přidat do systému, nebo ponechat ve stavu návrhu. Díky těmto kritériím dokáže systém vyhodnotit, které části zprávy (např. doporučená medikace, laboratorní výsledky, kontraindikace) je potřeba lékaři zvýraznit. **Systém nebude vyvíjen a vytvářen jako zdravotnický prostředek, nebude poskytovat žádné diagnostické, preventivní, monitorovací, prediktivní nebo terapeutické podněty nebo rady lékaři ve vztahu k léčbě či mírnění nemoci pacienta. Bude možné ho využít bez certifikace s ohledem na nařízení (EU) 2017/745 Medical Device Regulation (MDR).**

Lékař se dále přihlásí do webové aplikace a vidí frontu pacientů, přičemž u každého pacienta jsou zobrazeny základní identifikační údaje získané z nahrané zprávy. Vybere pacienta, kterého právě potřebuje řešit, a otevře si zvýrazněnou zprávu. V této zprávě budou důležité informace barevně označeny podle příslušných kritérií. Lékař může jednotlivé označené části jednoduše kopírovat do své dokumentace pomocí zkratek (Ctrl+C/Ctrl+V) nebo jedním kliknutím.

Aplikace zároveň nabídne možnost procházet jednotlivá kritéria (např. přepínat mezi medikací, laboratorními výsledky, doporučeními), čímž lékař bude mít rychlý přehled o nejdůležitějších bodech v dokumentu. Automaticky se také vygeneruje stručné shrnutí hlavních informací (summary), které půjde snadno zkopírovat do karty pacienta.

Pokud lékař ve zprávě objeví další důležité pasáže, které dosud nebyly označeny, může je manuálně přiřadit k již existujícímu nebo nově vytvořenému kritériu. Tento postup umožní systému průběžně se učit a zlepšovat své výsledky v identifikaci relevantních částí lékařských zpráv.

Pokud informační systém lékaře umožní čtení lékařské dokumentace, tak proběhne druhá fáze, kdy zpracování rozšiřujeme o kontext záznamu pacienta. Pokud jsou k dispozici předchozí záznamy (například už zadané diagnózy, chronická onemocnění, dřívější výsledky vyšetření), systém je přidá do analýzy propouštěcí zprávy a bude hledat rozdíly či duplicitní údaje. Díky tomu může lékaře upozornit na novější informace, nekonzistentní záznamy nebo na změny v léčbě oproti dosavadnímu stavu. Tato rozšířená kontextová analýza pak lépe identifikuje, co je v dané propouštěcí zprávě skutečně nové nebo co je naopak shodné s předchozími záznamy. Lékař následně dostává možnost schválit převzetí označených údajů přímo do vlastní karty pacienta, pokud to jeho informační systém podporuje.

Výsledkem bude systém, který usnadní práci se získanými nemocničními zprávami, i když nebudou dodány v jednotné struktuře. Umožní lékaři rychle zjistit zásadní informace o pacientovi, snadno je vložit do vlastní dokumentace a díky propojení s existujícími záznamy pacienta upozorní na případné odlišnosti či novinky, čímž ušetří lékaři čas a zvýší bezpečnost a kvalitu zdravotní péče.

4.1.3 Přednosti navrhovaného řešení od konkurence

Projekt je výhradně zaměřený na umělou inteligence a učení – systém se bude průběžně učit a vylepšovat na základě zpětné vazby od lékařů tak, aby byl systém dále přesnější a efektivnější a přizpůsobí se specifickým potřebám jednotlivých ordinací.

Většina dostupných řešení pro automatizovanou analýzu zdravotnických dokumentů, jako jsou Amazon Comprehend Medical, Microsoft Azure Text Analytics for Health nebo IBM Watson Health, **je zaměřena primárně na anglicky psané texty a americký zdravotnický systém**. Přizpůsobení těchto systémů pro českou terminologii a formát lékařských zpráv je složité a často vyžaduje dodatečné vývojové práce, které jsou navíc finančně značně nákladné a pro menší ordinace nedostupné. Český zdravotnický systém má navíc specifika, která vyžadují lokalizované řešení. Lékařská terminologie, struktura lékařských zpráv a procesy v českých ordinacích se liší od zahraničních systémů. Naše řešení bude proto plně lokalizováno pro český trh, včetně terminologie a legislativních požadavků (GDPR).

Mnoho konkurenčních nástrojů vyžaduje, aby **lékařské zprávy byly ve standardizovaném formátu, i když to v praxi často neodpovídá realitě.** Český zdravotnický systém se stále potýká s tím, že propouštěcí zprávy mohou být v různých nestrukturovaných formátech, ručně psané, skenované nebo v různých variantách PDF. Projekt využívá OCR technologie a pokročilé jazykové modely (LLM), které dokáží rozpoznat text z různých formátů a převést jej do strukturované podoby odpovídající požadavkům NCeZ MZ ČR. Aplikace navíc bude umět identifikovat a extrahovat informace z lékařských zpráv, jako jsou diagnózy, předepsané léky, výsledky vyšetření, doporučení a další relevantní údaje s pomocí modelů a metod zpracování textu, systém se bude **průběžně učit a optimalizovat na základě zpětné vazby od lékařů**. Systém nabídne intuitivní a snadno ovladatelné rozhraní, které bude optimalizováno pro potřeby lékařů. Zaměříme se na přehledné zobrazování informací a snadnou navigaci v systému, včetně proškolení tak, aby ani starší lékaři neměli obavy z využívání nových technologií.

Zatímco konkurenční systémy často pracují jako samostatné aplikace, které generují výstupy odděleně od lékařských informačních systémů (LIS), náš **software bude navržen tak, aby se snadno integroval s běžně používanými LIS v ČR** a umožnil lékařům jedním kliknutím přenášet informace přímo do pacientovy dokumentace, čímž odpadá nutnost ručního přepisování. Takový přístup významně ušetří čas a sníží chybovost, konkurenční řešení často nenabízejí SW v takto hluboké integraci.

Mnoho konkurenčních řešení funguje v rámci cloudových služeb velkých technologických společností, která přináší obavy ohledně bezpečnosti a ochrany citlivých zdravotních údajů pacientů. Zpracování dat ve veřejných cloudech, zvláště mimo EU, je z pohledu GDPR a

českých právních předpisů problematické. Náš **software bude kromě cloudového řešení umožňovat i on-premise nasazení**, to znamená, že ordinace si budou moci řešení provozovat lokálně na svých serverech bez nutnosti odesílání citlivých dat do cloudu. Navíc bude obsahovat **modul anonymizace**, který před zpracováním textu odstraní osobní údaje pacienta a zajistí tak plnou kompatibilitu s GDPR.

Konkurenční řešení často fungují jako placené cloudové služby, kde uživatelé platí za každý analyzovaný dokument nebo za přístup k platformě. Takový model je **nákladnější a nevýhodný pro menší ordinace**, které nemají dostatečné finanční prostředky na dlouhodobé používání těchto služeb. Software bude navržen tak, aby byl **cenově dostupný** i pro menší zdravotnická zařízení, přičemž umožní jednorázovou instalaci s následnou minimální údržbou. Díky možnosti výběru on-premise provozu **odpadne závislost na placených cloudových službách** a menší uživatelé si budou moci software přizpůsobit svým potřebám.

4.1.4. Komponenty systému

Uživatelské rozhraní (Webová aplikace)

Poskytuje přístup pro sestry a lékaře k nahrávání a správě propouštěcích zpráv. Umožňuje procházet frontu pacientů, zobrazovat označené (extrahované) informace a dále je upravovat či kopírovat. Zajišťuje přihlášení uživatelů a správu rolí (lékař, sestra, administrátor). Zároveň nabízí možnost zobrazit srovnání s existující dokumentací pacienta (pokud se tato data načtou přes integrační rozhraní). Webová aplikace je responzivní pro snadné použití na mobilních telefonech, kdy obsluha může snadno skenovat dokumenty pomocí mobilního telefonu.

Vrstva pro zpracování dat (Application/Backend)

Řídí celý proces zpracování dokumentů od okamžiku přijetí (e-mailem či ručním nahráním) až po jejich uložení. Zahrnuje funkce pro řízení workflow (OCR, anonymizace, extrakce, volání dalších modulů) i ukládání výsledků do databáze. Poskytuje interní API, které využívají frontend (webová aplikace) a další moduly.

OCR služba (Microservice / Modul)

Převádí nahrané PDF, skeny či fotografie do textové podoby. Může využívat existující knihovny (např. Tesseract) nebo cloudové služby (AWS Textract apod.). Vrací text s minimální strukturou (například rozdělený podle odstavců či řádků), aby jej bylo možné dále zpracovat.

Modul pro anonymizaci

Zajišťuje odstranění nebo skrytí citlivých údajů (např. jméno, příjmení, rodné číslo, pojišťovna, názvy institucí) předtím, než je text předán do externí (cloudové) služby. Spolupracuje s extrakční logikou, takže v interním systému zůstává informace o identitě pacienta, ale předává se pouze anonymizovaný text k analýze.

Modul pro extrakci a vyhodnocení informací

Slouží k inteligentní analýze anonymizovaného textu. Komunikuje s velkým jazykovým modelem (například ChatGPT či jiným) a řídí se definovanými kritérii (např. typ informace: doporučená medikace, laboratorní hodnoty, kontraindikace). Výstupem je identifikace a označení příslušných pasáží ve zprávě a volitelně i souhrn (summary). Systém přitom dokáže pracovat i s definovanými vzory pro konverzi nestandardizovaných zpráv do formátu dle NCeZ MZ ČR.

Modul kontextové analýzy s lékařskou dokumentací

Navíc k běžné analýze propouštěcí zprávy (pouze na jejím obsahu) nabízí srovnání a propojování s existujícím záznamem pacienta v informačním systému praktického lékaře. Umožňuje detekovat duplicitní informace a upozornit na nekonzistence (např. rozdíly v diagnózách, v lécích).

4.1.5.Závěr

Integrace AI do medicíny je stále v počátečních fázích, ale potenciál je obrovský. S pokrokem technologie můžeme očekávat ještě sofistikovanější aplikace, které dále zlepší kvalitu a efektivitu poskytování zdravotní péče.

AI má potenciál transformovat medicínu zlepšením diagnostiky, personalizací léčby,urychlením objevování léků a zlepšením péče o pacienty. Je však klíčové řešit související výzvy, aby byl tento potenciál plně realizován. Vždy je však třeba brát na zřetel,že vznikající moduly jsou pouze pomůckou pro lékaře. Konečné rozhodnutí je vždy na lékaři,stejně jako na pilotovi dopravního letadla-viz Obr.7.-který má přístroje jako pomůcky k jeho rozhodnutí,.

Zde umístit obr.7 Zodpovědnost pilota

5.Literatura

5.1. S. N. Kumar,SherinZafar,Eduard Babulak,M.AfsharAlam, Farheen Siquiqui *(2023):Artificial Intelligence in Telemedicine: Processing of Biosignals and Medical Images*

5.2. Kolektiv (Springer) (2024): *Role of Artificial Intelligence, Telehealth, and Telemedicine in Medical Virology*

6.3. Dharmendra Kumar Yadav, Anamika Gulati (2024) : *Artificial Intelligence and Machine Learning in Healthcare*

5.4. Ajay Kumar, Sangeeta Rani Sarita Rathee, Naveen Hemrajani, Mamta

Dahiya(2024):*Artificial Intelligence in Medicine and Healthcare*

6. Kontakt: Ing.Jiří Potůček,CSc.
MWCare,s.r.o.,Evropská 655/116,16000 Praha 6
,tel: 777166515,jiri.potucek.mediwaremail.com

7.Anglická anotace

Artificial intelligence methods are increasingly used in the daily practice of doctors. However, the basis is to rely on credible patient data. We have previously addressed this problem within the framework of the "MWCare Platform" project, the result of which is a medical information system with add-on modules, especially from the field of telemedicine, which has already found its users in medical practices. This add-on allows the measurement of a number of parameters /pressure, temperature, SPO2, ECG and others/ from the patient's home environment. An important module of this platform is the Patient Genetic Card, with which genetic information about the patient is stored in a structured manner for further processing /calculation of the

metabolic rate of administered medicinal substances to the patient, genetic anomalies of the patient, etc./. These add-on modules are part of the basic information system of the doctor /e.g. SmartMedix, Medicus.../.

The use of artificial intelligence based on credible patient data is demonstrated in the AI module "Voice Service", which will be presented in more detail in the article. Another AI module in development is "Automated Analysis of Medical Reports", which will be presented at the end of our article.

8. Legendy k obrázkům

Obr.1.-Základní schema „Platformy MWCare“

Obr.2.-Schema telemedicínské platformy

Obr.3.- D-Heart a Polar

Obr.4.-Telepediatrie

Obr.5.-Nejčastěji používaný glukometr pro telediabetologii /FORA/

Obr.6.-Teledermatologie

Obr.7.-Zodpovědnost pilota