

Dynamika akútnych infekcií horných dýchacích ciest na Slovensku v ambulantnej praxi v rokoch 2017 - 2022

Dynamics of acute upper respiratory tract infections in Slovakia in outpatient practice in the years 2017 - 2022

Katarína Uchal', Iveta Stankovičová

Univerzita Komenského v Bratislave, Fakulta managementu, Odbojárov 10, 820 05 Bratislava, Slovenská republika

Comenius University in Bratislava, Faculty of Management, Odbojárov 10, 820 05 Bratislava, Slovak Republic

katarina.uchal@fm.uniba.sk, iveta.stankovicova@fm.uniba.sk

Abstrakt: Akútne infekcie horných dýchacích ciest (AIHDC) predstavujú častý dôvod návštevy ambulancie všeobecných lekárov pre dospelých, všeobecných lekárov pre deti a dorast ako aj ambulancií urgentnej zdravotnej starostlivosti. Ich prevalencia je výrazná najmä v zimných mesiacoch a ustupuje v letných mesiacoch. Pomocou viacrozmerného regresného modelu s umelými premennými sme popísali trendovú a sezónnu zložku mesačného časového radu AIHDC. Opatrenia proti pandémie infekcie COVID-19 viedli k výrazným spoločenským zmenám správania, spôsobili zmenu cirkulácie respiračných vírusov a viedli k rapidnému poklesu infekčných ochorení horných dýchacích ciest.

Abstract: Acute upper respiratory tract infections (AURTI) are a frequent reason for visiting general practitioners for adult, general practitioners for children and adolescents as well as emergency outpatient care. Their prevalence is particularly pronounced in the winter months and subsides in the summer months. Using a multidimensional regression model with artificial variables, we described the trend and seasonal component of the monthly AIHDC time series. Measures against the COVID-19 pandemic have led to significant societal behavioural changes, caused a change in respiratory virus circulation in community and led to a rapid decline in upper respiratory tract infectious diseases.

Kľúčové slová: analýza časových radov, akútne infekcie horných dýchacích ciest, ambulantná starostlivosť, COVID-19.

Key words: time series analysis, acute upper respiratory tract infections, outpatient practice, COVID-19.

1 Úvod

Pred vypuknutím pandémie COVID-19 boli akútne infekcie horných dýchacích ciest (AIHDC), ako je bežné prechladnutie, nádcha a iné vírusové ochorenia, jedným z najčastejších dôvodov návštevy v ambulanciách všeobecných lekárov pre dospelých a deti. Tieto infekcie zvyčajne spôsobujú príznaky ako kašeľ, výtok a upchatie nosa, bolesť hrdla, bolesť hlavy, únavu a horúčku. Avšak s výskytom COVID-19 sa dynamika respiračných infekcií ako aj poskytovanie zdravotnej starostlivosti v súvislosti s týmito infekciami výrazne zmenila.

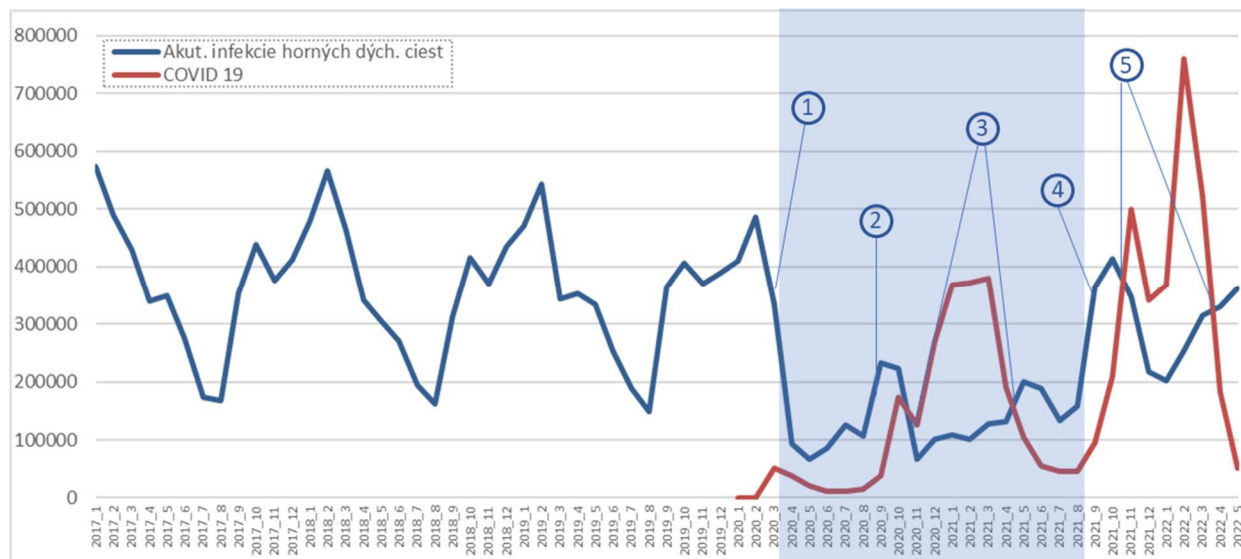
Akútne respiračné infekcie zaznamenávajú nárast každý rok najmä v zimnom období. Zvýšený dopyt po vyšetreniach a testoch u dospelých a detí s respiračnými príznakmi prinieslo aj obdobie pandémie COVID-19 s cieľom odlišiť bežnú infekciu od vysoko infekčného ochorenia COVID-19. Všeobecní lekári pre dospelých, lekári pre deti a dorast ako aj ambulancie urgentného príjmu zohrávajú kľúčovú úlohu pri riadení pacientov s akútnym respiračným infektom ako aj s podozrením na COVID-19.

Výskyt akútnych infekcií horných dýchacích ciest v bežnom období vykazuje sezónne znaky, ktoré sa pravidelne počas roka opakujú. Počas teplejších mesiacov, najmä v mesiacoch letných prázdnin (júl, august) je prevalencia infekcií respiračných ciest nízka. V jesenných mesiacoch nástupom detí do škôl a škôlok sa chorobnosť a tým aj návšteva ambulancií zvyšuje (najmä v mesiaci október) a v zimných mesiacoch dosahuje každoročne maximá (mesiace december, január, február) (pozri graf 1, obdobie január 2017 až február 2020).

Počas obdobia pandémie COVID-19 došlo k zmene dynamiky AIHDC. V Slovenskej republike boli prijaté opatrenia na boj proti šíreniu vírusu COVID-19, čo ovplyvnilo cirkuláciu baktérií a vírusov spôsobujúcich respiračné ochorenia v populácii. Pri prvej vlne (marec - máj 2020) bol zavedený núdzový stav. Školy a škôlky ostali zatvorené, obmedzili sa verejné zhromaždenia aj obchodné prevádzky. Obmedzenie pohybu obyvateľstva, zákaz verejných podujatí a zavedenie povinného nosenia respirátorov a rúšok na verejnosti malo za cieľ zastaviť alebo aspoň obmedziť šírenie infekcie COVID-19. Striktné pravidlá a opatrenia, tzv. tvrdý lockdown, ktoré boli prijaté na začiatku pandémie držali počet infikovaných osôb počas prvej vlny pandémie pod kontrolou (Pažitný et al., 2022). Tieto opatrenia viedli s výrazným spoločenským zmenám správania, ktoré spôsobili zmenu cirkulácie respiračných vírusov a viedli k rapidnému poklesu infekčných ochorení horných dýchacích ciest (graf 1, bod 1).

Od júna 2020 došlo k postupnému uvoľňovaniu opatrení a obnove niektorých činností, otvorení hraníc a obnove turistického ruchu. S uvoľňovaním opatrení v lete 2020 sa situácia začala postupne meniť a prípady akútnych infekcií horných dýchacích ciest ako aj COVID-19 začali stúpať. Na grafe 1 vidíme, že absolútny počet prípadov AIHDC je vyšší ako počet prípadov s COVID-19. Pred druhou vlnou pandémie, ktorá na Slovensku prebiehala od augusta 2020 do mája 2021, zaznamenávame mierny nárast AIHDC v mesiacoch september - október 2020 (graf 1, bod 2). Pri zvyšovaní počtu potvrdených prípadov pacientov s COVID-19 sa znižoval počet pacientov, ktorí navštívili ambulanciu s AIHDC. Táto situácia trvala medzi novembrom 2020 až aprílom 2021 (graf 1, bod 3). Po druhej vlne počet pacientov v ambulanciách opäť mierne rástol, výraznejšie v mesiacoch september a október 2021 (graf 1, bod 4) a s treťou vlnou pandémie (september

2021 až apríl 2022) sa opäť znížil (graf 1, bod 5). V máji 2022 vidíme opätovne nárast AIHDC pri zníženom počte pacientov s COVID-19 v ambulantnej praxi.



Graf 1 Vývoj počtu pacientov v ambulantnej praxi s AIHDC a s COVID-19 od januára 2017 do mája 2022 (Zdroj: údaje z Národného centra zdravotníckych informácií)

Analyzovať a popísať mesačný časový rad poskytnutej zdravotnej starostlivosti pacientom s akútnou infekciou horných dýchacích ciest v ambulantnej praxi budeme z hľadiska dekompozície časového radu na jednotlivé zložky, na trendovú, sezónnu a náhodnú zložku.

Základný súbor dát prvého modelu obsahuje mesačné počty pacientov s AIHDC v ambulantnej praxi pred pandémiou COVID-19, časový úsek od januára 2017 do februára 2020. Druhý model je vytvorený na celom dostupnom rozsahu dát pacientov s AIHDC v ambulantnej praxi (od januára 2017 do mája 2022). Základné, empirické dáta tretieho modelu, okrem počtu pacientov s AIHDC, obsahujú aj počet pacientov s COVID-19 v ambulantnej praxi na celom časovom rozsahu dostupných dát (tabuľka 1).

Tab. 1 Obsah a rozsah základného dátového súboru modelov časových radov (Zdroj: vlastné spracovanie)

Model	Diagnózy	Časový rad (počet mesiacov)
Model 1	J00-J06	Január 2017 až február 2020 (t=38)
Model 2	J00-J06	Január 2017 až máj 2022 (t=65)
Model 3	J00-J06 a U07	Január 2017 až máj 2022 (t=65)

2 Použité dáta a metodika

2.1 Použité dáta

Dáta na analýzu boli získané z Národného centra zdravotníckych informácií (NCZI) podľa údajov od zdravotných poisťovní zasielaných do NCZI podľa § 15 ods. 6 zákona č. 581/2004 Z. z. o ZP, dohľade nad zdravotnou starostlivosťou a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov a v zmysle zákona č. 153/2013 Z.z. Dáta boli agregované na mesačnú bázu za obdobie od 1. januára 2017 do 31. mája 2022. Ide o počty pacientov, ktorým bola uhradená ambulantná zdravotná starostlivosť z verejného zdravotného poistenia v odborných útvaroch: ambulancia alebo ambulancia centrálného príjmu v súvislosti s vybranými diagnózami z územia celého Slovenska.

Pre analýzu boli vybrané diagnózy J00 až J06: Akútne infekcie horných dýchacích ciest podľa Medzinárodnej klasifikácie chorôb 10¹⁵ (tabuľka 2). Dáta boli roztriedené podľa roku, mesiaca, kódu diagnózy. Mesačné časové rady boli analyzované pomocou troch viacrozmerných regresných modelov.

Tab. 2 Kódy diagnóz akútnych infekcií horných dýchacích ciest podľa MKCH 10 (Zdroj: MKCH 10)

Kód diagnózy	Popis podľa MKCH 10
J00	Akútny zápal nosohltana [nádcha]
J01	Akútny zápal prínosových dutín
J02	Akútny zápal hltana
J03	Akútny zápal mandlí
J04	Akútny zápal hrtana a priedušnice
J05	Akútny obštrukčný zápal hrtana a akútny zápal hrtanovej príklopky [epiglotitída]
J06	Akútna infekcia horných dýchacích ciest na viacerých a bližšie neurčených miestach

Po úvodnej exploatačnej analýze sme sa rozhodli skúmať časový rad J00-J06 na dvoch obdobiach. Prvé obdobie je od januára 2017 do februára 2020, do vzniku pandémie COVID-19 na území Slovenska. Druhé obdobie je celé obdobie, za ktoré máme dostupné dáta od januára 2017 do mája 2022. Nakoľko infekcia COVID-19 sa šíri podobne ako AIHDC, kvapôčkový prenos, sčítali sme počty pacientov s AIHDC a diagnóz súvisiacich s COVID-19 (tabuľka 3) na celom období od januára 2017 do mája 2022.

¹⁵ Medzinárodná klasifikácia chorôb MKCH-10, <https://www.nczisk.sk/Standardy-v-zdravotnictve/Pages/Medzinarodna-klasifikacia-chorob-MKCH-10.aspx>

Tab. 3 Kódy diagnóz infekcia COVID-19 podľa MKCH 10 (Zdroj: MKCH 10)

Kód diagnózy	Popis podľa MKCH 10
U07.1	Potvrdená infekcia COVID-19
U07.2	Podozrenie z infekcie COVID-19
U07.3	Potvrdená infekcia COVID-19 PCR testom
U07.4	Potvrdená infekcia COVID-19 Ag testom

2.2 Metodika

Pre analýzu časového radu sme zvolili model viacnásobnej regresie s umelými premennými. Model využíva umelé premenné na kvantifikáciu vplyvu príslušného obdobia na predpovedanú hodnotu skúmanej premennej. Predpokladáme, že časový rad má lineárny trend a mesačnú sezónnosť, pričom sezónnu zložku sme vyjadrili pomocou umelých premenných. Každá umelá premenná priraduje jednotku hodnote časového radu v čase nachádzajúcej sa v danej sezóne a nulu priraduje hodnote, ktorá sa v danej sezóne nenachádza. Pre dvanásťmesačnú sezónnosť sú príznačné umelé premenné M_t , kde $t=1, 2, 3, \dots, 12$, ktoré v januári nadobúdajú hodnoty: $M_1 = (1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0)$, vo februári: $M_2 = (0,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0)$, atď. Tým, že umelá premenná nadobúda v istom pozorovaní hodnotu jedna deklaruje, že v tomto období bude k hodnote generovanej z lineárneho trendu pripočítaná hodnota sezónneho výkyvu, ktorý je v tomto prípade vyčíslený oproti východiskovému obdobiu, ktorým je dvanásť mesiac. Hodnoty sú v tomto mesiaci nulové a jeho vplyv je zahrnutý v úrovňovej konštante lineárneho trendu, ktorú interpretujeme v zmysle východiskovej úrovne skúmanej premennej (Chajdiak et al., 1997).

Model viacnásobnej regresie mesačného časového radu s trendovou funkciou a umelými premennými je možné zapísať v tvare:

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 t + \beta_2 M_1 + \beta_3 M_2 + \beta_4 M_3 + \beta_5 M_4 + \beta_6 M_5 + \beta_7 M_6 + \beta_8 M_7 + \beta_9 M_8 + \beta_{10} M_9 + \beta_{11} M_{10} + \beta_{12} M_{11} + \varepsilon_t \quad (1)$$

Model obsahuje trendovú, sezónnu aj náhodnú zložku. Odhad modelu vypočítaný z empirických hodnôt je možné zapísať ako:

$$\hat{y}_t = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 t + \hat{\beta}_2 M_1 + \hat{\beta}_3 M_2 + \hat{\beta}_4 M_3 + \hat{\beta}_5 M_4 + \hat{\beta}_6 M_5 + \hat{\beta}_7 M_6 + \hat{\beta}_8 M_7 + \hat{\beta}_9 M_8 + \hat{\beta}_{10} M_9 + \hat{\beta}_{11} M_{10} + \hat{\beta}_{12} M_{11}, \quad (2)$$

kde

- y_t je skutočný počet pacientov v mesiaci t ,
- \hat{y}_t je odhadnutý počet pacientov v mesiaci t na základe modelu,
- t je časová premenná, ktorá zastupuje mesiace v časovom rade,

- M_1, M_2, \dots, M_{11} sú umelé binárne premenné reprezentujúce jednotlivé mesiace roka,
- $\hat{\beta}_0$ je odhad parametra lokujúcej konštanty (intercept),
- $\hat{\beta}_1$ je odhad parametra regresného koeficientu pre časovú premennú t ,
- $\hat{\beta}_{2-12}$ sú odhady parametrov regresných koeficientov pre mesiace M_1 až M_{11} ,

Model viacnásobnej regresie mesačného časového radu zohľadňuje lineárny trend v časovom rade ako aj sezónnu zložku. Odhadovaná hodnota parametra $\hat{\beta}_0$ predstavuje priemerný konštantný trend očakávaného počtu pacientov, resp. počet pacientov v poslednom mesiaci roku 2016. Odhadovaná hodnota parametra $\hat{\beta}_1$ vyjadruje rýchlosť a smer zmeny za jednotku časového radu, teda ako rýchlo počet pacientov každým mesiacom narastá alebo klesá. Bodové odhady parametrov regresného modelu reprezentujú zmenu jednotlivých mesiacov M_1 až M_{11} oproti poslednému mesiacu M_{12} . Lineárny regresný model bol vytvorený pomocou nezávislých parametrov, a to času (t) a 11 umelých binárnych premenných (M_1 až M_{11}) v programe MS Excel.

Testovanie modelu ako celku sme vykonali pomocou koeficientu determinácie R^2 , ktorým sa overuje významnosť modelu. Koeficient determinácie má tvar:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{t=1}^n (y_t - \hat{y}_t)^2}{\sum_{t=1}^n (y_t - \bar{y})^2}, \quad (3)$$

kde:

- \hat{y}_t - odhadovaná hodnota premennej y ,
- \bar{y} - aritmetický priemer premennej y .

Hodnota koeficientu determinácie sa pohybuje v rozmedzí 0 až 1 a vyjadruje, aké percento z celkového rozptylu závislej premennej je v modeli vysvetlené variabilitou nezávislých premenných (Arlt et al., 2002). Štatistickú významnosť koeficientu determinácie overíme F -testom. Štatistickú významnosť parametrov modelu overíme pomocou t -štatistiky.

Presnosť jednotlivých odhadov modelov sme overovali pomocou vybraných mier (ukazovateľov, charakteristík). Každá vzdialenosť bodov skutočnej hodnoty základného súboru y_t od odhadnutej hodnoty \hat{y}_t predstavuje odchýlku e_t , rezíduum modelu viacnásobnej regresie:

$$e_t = y_t - \hat{y}_t \quad (4)$$

Priemerná absolútna chyba (mean absolute error – MAE) je interpretáciou priemernej absolútnej odchýlky skutočných hodnôt od odhadnutých hodnôt v tých istých merných jednotkách, v akých je vyjadrený časový rad.

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |y_t - \hat{y}_t| = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |e_t| \quad (5)$$

Priemerná štvorcová chyba, ktorá sa nazýva aj rozptyl chýb (mean square error – MSE) je citlivá na veľké chyby. Veľké chyby zohrávajú dôležitejšiu úlohu ako v prípade priemernej absolútnej odchýlky. Priemerná štvorcová chyba sa využíva najmä pri porovnávaní rozptylu chýb získaných mnohými matematickými modelmi, ak chceme vybrať model s najnižšou hodnotou MSE, napríklad pri výbere najvhodnejšej vyrovnávacej konštanty

$$\text{MSE} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (y_t - \hat{y}_t)^2 = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^2 \quad (6)$$

Miery presnosti priemerná percentuálna chyba (mean percentage error – MPE) a priemerná absolútna percentuálna chyba (mean absolute percentage error – MAPE) vyjadrujú v percentách priemernú veľkosť chýb odhadov v porovnaní so skutočnými hodnotami na celom úseku prognózovania $t = 1, 2, \dots, n$ (Rubliková, 2007).

$$\text{MPE} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{(y_t - \hat{y}_t)}{y_t} \cdot 100\% = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{e_t}{y_t} \cdot 100\% \quad (7)$$

$$\text{MAPE} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|y_t - \hat{y}_t|}{y_t} \cdot 100\% = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|e_t|}{y_t} \cdot 100\% \quad (8)$$

3 Výsledky

3.1 Model 1

Odhad parametrov modelu viacnásobnej regresie mesačného časového radu AIHDC v ambulantnej praxi v období pred pandémiou COVID-19, od januára 2017 do februára 2020 je:

$$\hat{y}_t = 441097,3 - 1199,8 \cdot t + 64937,0 \cdot M_1 + 104610,5 \cdot M_2 - 11740,3 \cdot M_3 - 77222,2 \cdot M_4 - 91272,1 \cdot M_5 - 152791,0 \cdot M_6 - 232171,2 \cdot M_7 - 257931,8 \cdot M_8 - 72719,7 \cdot M_9 + 5377,1 \cdot M_{10} - 41462,4 \cdot M_{11}$$

Viacnásobný regresný model časového radu s umelými premennými berie do úvahy časovú premennú t , ako aj umelé binárne premenné pre každý mesiac, čo umožňuje popísať lineárny trend a sezónnosť v časovom rade akútnych infekcií horných dýchacích ciest. Odhad parametra $\hat{\beta}_1$ je negatívny ($\hat{\beta}_1 = -1199,8$), čo môžeme interpretovať ako odhadovaný dlhodobý pokles návštevnosti ambulancií s AIHDC medzi rokmi 2017 až 2020. Odhady parametrov viacnásobného regresného modelu pre umelé premenné $\hat{\beta}_{2-12}$ predstavujú odhadované zmeny jednotlivých mesiacov M_1 až M_{11} oproti poslednému mesiacu M_{12} . Kladné odhady parametrov, ako napríklad $\hat{\beta}_2 = 64937,0$ pre mesiac M_1 znamená, že v prvom mesiaci v roku (v januári) sa očakáva zvýšenie priemerného počtu pacientov v porovnaní s mesiacom decembrom (M_{12}). Záporné koeficienty, ako napríklad $\hat{\beta}_5 = -77222,2$ pre M_4 mesiac apríl, znamená,

že v mesiaci apríl je odhadované zníženie počtu pacientov, ktorí navštívia ambulanciu s AIHDC, oproti mesiacu december. Detailné výsledky sú prezentované v tabuľke 4.

Tab. 4 Bodové odhady parametrov viacnásobného regresného modelu časového radu AIHDC pred pandémiou (január 2017 až február 2020) (model 1) (Zdroj: vlastné spracovanie)

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%
Intercept	441097.3	21478.4	20.537	0.000	396861.7	485332.9
t	-1199.8	478.4	-2.508	0.019	-2185.0	-214.6
M1	64937.0	24132.4	2.691	0.013	15235.4	114638.5
M2	104610.5	24089.7	4.343	0.000	54996.9	154224.1
M3	-11740.3	26030.1	-0.451	0.656	-65350.3	41869.6
M4	-77222.2	25955.3	-2.975	0.006	-130678.1	-23766.4
M5	-91272.1	25889.0	-3.526	0.002	-144591.6	-37952.6
M6	-152791.0	25831.5	-5.915	0.000	-205992.0	-99590.0
M7	-232171.2	25782.8	-9.005	0.000	-285271.8	-179070.6
M8	-257931.8	25742.8	-10.020	0.000	-310950.0	-204913.5
M9	-72719.7	25711.7	-2.828	0.009	-125673.8	-19765.5
M10	5377.1	25689.4	0.209	0.836	-47531.2	58285.4
M11	-41462.4	25676.0	-1.615	0.119	-94343.2	11418.3

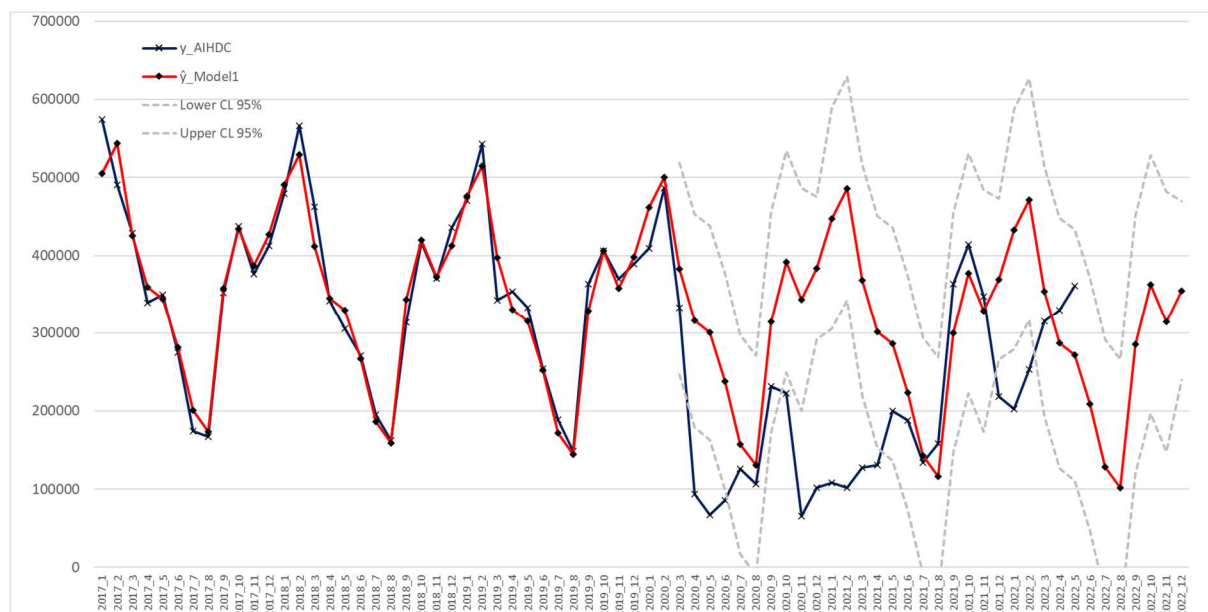
Nárast pacientov s AIHDC v ambulantnej praxi sa každý rok opakuje najmä v mesiacoch január ($\beta_2 = 64937,0$), február (koeficient $\beta_3 = 104610,5$) a október (koeficient $\beta_{11} = 5377,1$). Na jar a v letných mesiacoch dochádza k poklesu výskytu, a tým aj návštevnosti ambulancií s AIHDC, výrazne najmä v mesiacoch jún, júl a august ($\beta_7 = -152791,0$; $\beta_8 = -32171,2$ a $\beta_9 = -257931,8$). Bodové odhady parametrov pre mesiace marec, október a november na hladine významnosti $\alpha=0,1$ nie sú štatisticky významné oproti mesiacu december, p-hodnota je vyššia ako α .

Koeficient determinácie viacnásobného regresného modelu 1 je 94,7%, čo znamená, že variabilita časového radu AIHDC v období január 2017 až február 2020, pred pandémiou COVID-19, je modelom vysvetlená na 94,7%. Štatistická významnosť modelu je vyjadrená F-testom, ktorého hodnota F-štatistiky je 37,173 s p-hodnotou 0.00. Koeficient determinácie ako aj celý model považujeme za štatisticky významný (tabuľka 5).

Priebeh pôvodného a odhadnutého časového radu podľa modelu 1 je uvedený na grafe 2.

Tab. 5 Významnosť a kvalita modelu 1 (Zdroj: vlastné spracovanie)

Regression Statistics	Anova	df	SS	MS	F	Signif. F	
Multiple R	0.973	Regression	12	440963815923.5	36746984660.3	37.173	0.00
R Square	0.947	Residual	25	24713623050.4	988544922.0		
Adjusted R Square	0.921	Total	37	465677438973.9			
Standard Error	31441.1						
Observations	38						

**Graf 2** Vývoj AIHDC v ambulantnej praxi Slovenskej republiky a odhad modelu 1 (Zdroj: vlastné spracovanie)

3.2 Model 2

Odhad parametrov modelu viacnásobnej regresie mesačného časového radu AIHDC v ambulantnej praxi na celom skúmanom období, od januára 2017 do mája 2022 je:

$$\hat{y}_t = 431755,4 - 3345,3 * t + 45806,9 * M_1 + 82225,9 * M_2 + 13609,7 * M_3 - 53340,0 * M_4 - 45148,3 * M_5 - 116539,9 * M_6 - 164288,5 * M_7 - 176164,6 * M_8 + 3632,4 * M_9 + 61390,9 * M_{10} - 8800,5 * M_{11}$$

Odhad parametra trendovej zložky pre časovú premennú t nadobúda aj v tomto modeli negatívnu hodnotu ($\beta_1 = -3345,3$). Skúmaný časový rad má klesajúci trend, čo predstavujem pokles priemernej mesačnej návštevnosti ambulancií s AIHDC medzi rokmi 2017 až 2022 (tabuľka 6).

Odhadované zmeny jednotlivých mesiacov M_1 až M_{11} oproti poslednému mesiacu M_{12} sú vyjadrené odhadmi parametrov viacnásobného regresného modelu pre umelé premenné $\hat{\beta}_{2-12}$. Kladný koeficient $\hat{\beta}_2 = 45806,9$ pre mesiac M_1

znamená, že v prvom mesiaci v roku (v januári) sa očakáva zvýšenie priemerného počtu pacientov v porovnaní s decembrom (M_{12}), zatiaľ čo záporné koeficienty ako $\hat{\beta}_5 = -53340,0$ pre M_4 mesiac apríl znamená, že v mesiaci apríl sa očakáva zníženie priemerného počtu pacientov, ktorí navštívia ambulanciu s AIHDC v porovnaní s decembrom (M_{12}).

Na základe bodových odhadov parametrov pre umelé premenné modelu 2, môžeme interpretovať sezónnu zložku ako každoročný nárast pacientov s AIHDC v ambulantnej praxi najmä v mesiacoch január (koeficient $\hat{\beta}_2 = 45806,9$), február (koeficient $\hat{\beta}_3 = 82225,9$), marec (koeficient $\hat{\beta}_4 = 13609,7$) a október (koeficient $\hat{\beta}_{11} = 61390,9$). S poklesom v jarných a najmä letných mesiacoch ako jún, júl a august ($\hat{\beta}_7 = -116539,9$, $\hat{\beta}_8 = -164288,5$ a $\hat{\beta}_9 = -176164,6$). Významnosť odhadu parametrov oproti poslednému mesiacu december na hladine významnosti $\alpha=0,1$ hodnotíme na základe p-hodnoty, ktorá je vyššia ako stanovená α v mesiacoch január, február, marec, apríl, máj, september, október a november. Štatisticky významne bodové odhady parametrov viacrozmerný regresný model odhadol len pre letné mesiace jún, júl, august.

Tab. 6 Bodové odhady parametrov viacnásobného regresného modelu časového radu AIHDC január 2017 až máj 2022 (model 2) (Zdroj: Vlastné spracovanie)

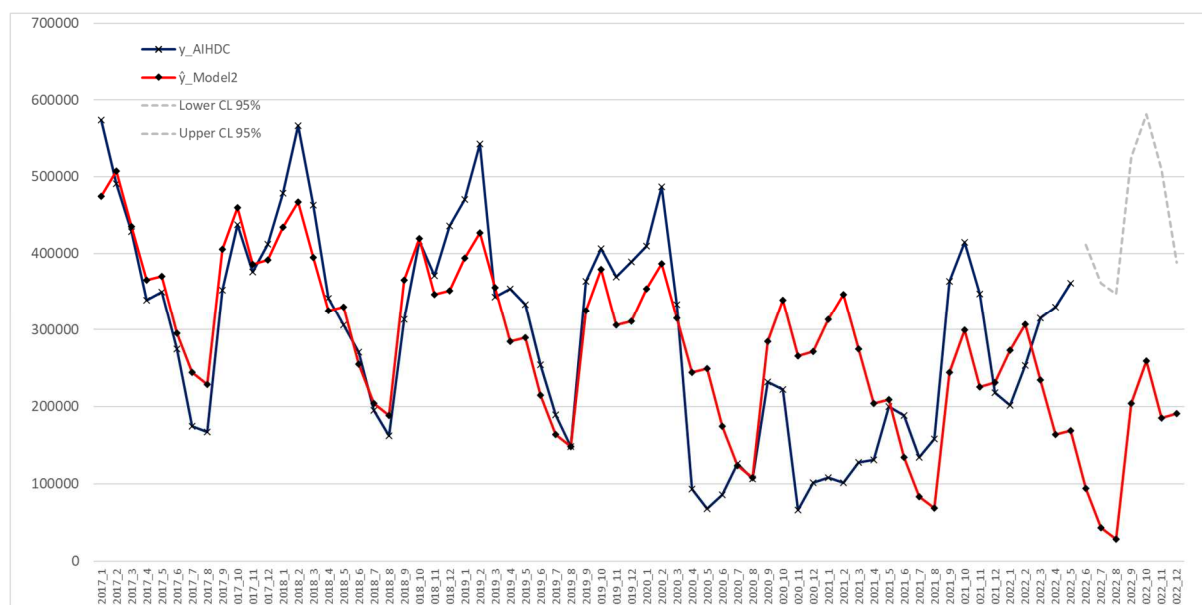
	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%
Intercept	431755.4	50718.3	8.513	0.000	329981.7	533529.1
t	-3345.3	664.1	-5.037	0.000	-4677.9	-2012.6
M1	45806.9	60654.8	0.755	0.454	-75905.9	167519.6
M2	82225.9	60622.1	1.356	0.181	-39421.1	203873.0
M3	13609.7	60596.6	0.225	0.823	-107986.2	135205.6
M4	-53340.0	60578.4	-0.881	0.383	-174899.5	68219.4
M5	-45148.3	60567.5	-0.745	0.459	-166685.8	76389.2
M6	-116539.9	63382.2	-1.839	0.072	-243725.7	10645.8
M7	-164288.5	63343.9	-2.594	0.012	-291397.4	-37179.6
M8	-176164.6	63312.6	-2.782	0.008	-303210.7	-49118.6
M9	3632.4	63288.2	0.057	0.954	-123364.7	130629.5
M10	61390.9	63270.8	0.970	0.336	-65571.2	188353.0
M11	-8800.5	63260.3	-0.139	0.890	-135741.6	118140.7

Podľa tabuľky 7 koeficient determinácie modelu 2 je 55,7%, čo znamená, že variabilita empirických dát časového radu AIHDC je modelom vysvetlená len na 55,7%. Štatistická významnosť modelu vyjadrená F-testom je 5,438 s p-hodnotou 0,00. Koeficient determinácie ako aj celý model považujeme za štatisticky významný.

Tab. 7 Významnosť a kvalita modelu 2 (Zdroj: vlastné spracovanie)

Regression Statistics		Anova	df	SS	MS	F	Signif. F
Multiple R	0.746	Regression	12	652797814605.2	54399817883.8	5.438	0.00
R Square	0.557	Residual	52	520185683673.7	10003570839.9		
Adjusted R Square	0.454	Total	64	1172983498278.9			
Standard Error	100017.8						
Observations	65						

Priebeh pôvodného a odhadnutého časového radu podľa modelu 2 je uvedený na grafe 3.



Graf 3 Vývoj AIHDC v ambulantnej praxi Slovenskej republiky a odhad viacnásobného regresného modelu 2 (Zdroj: Vlastné spracovanie)

3.3 Model 3

Odhady parametrov viacnásobného regresného modelu s umelými premennými mesačného časového radu AIHDC a infekcie COVID-19 v ambulantnej praxi v období od januára 2017 do mája 2022 je:

$$\hat{y}_t = 360\,837,9 + 2\,007,3 \cdot t + 73\,486,2 \cdot M_1 + 170\,644,9 \cdot M_2 + 66\,819,8 \cdot M_3 - 95\,945,5 \cdot M_4 - 132\,108,3 \cdot M_5 - 192\,967,4 \cdot M_6 - 248\,003,7 \cdot M_7 - 264\,135,2 \cdot M_8 - 75\,216,9 \cdot M_9 + 26\,677,2 \cdot M_{10} - 468,7 \cdot M_{11}$$

Odhad parametra trendovej zložky časovej premennej t je pri tomto modeli pozitívny ($\hat{\beta}_1 = 2\,007,3$). Zaradenie infekcie COVID-19 do časového radu skorigovalo pokles AIHDC počas mesiacov pandémie. Návštevnosť ambulancií pacientov s AIHDC alebo infekciou COVID-19 medzi rokmi 2017 až 2022 rástla. Plný výstup je k dispozícii v tabuľke 8.

Tab. 8 Odhady parametrov viacnásobného regresného modelu časového radu AIHDC a COVID-19 v ambulantnej praxi január 2017 až máj 2022 (model 3) (Zdroj: Vlastné spracovanie)

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%
Intercept	360,837.9	62328.1	5.789	0.000	235767.3	485908.4
t	2007.3	816.2	2.459	0.017	369.6	3645.0
M1	73486.2	74539.1	0.986	0.329	-76087.5	223059.9
M2	170644.9	74498.9	2.291	0.026	21151.9	320137.9
M3	66819.8	74467.6	0.897	0.374	-82610.4	216250.0
M4	-95945.5	74445.2	-1.289	0.203	-245330.8	53439.8
M5	-132108.3	74431.8	-1.775	0.082	-281466.7	17250.0
M6	-192967.4	77890.9	-2.477	0.017	-349266.9	-36667.8
M7	-248003.7	77843.9	-3.186	0.002	-404208.8	-91798.5
M8	-264135.2	77805.3	-3.395	0.001	-420263.0	-108007.3
M9	-75216.9	77775.4	-0.967	0.338	-231284.6	80850.8
M10	26677.2	77754.0	0.343	0.733	-129347.5	182701.9
M11	-468.7	77741.1	-0.006	0.995	-156467.6	155530.3

Odhady parametrov umelých mesačných premenných vyjadrujúce nárast oproti poslednému mesiacu v roku (december), sú kladné v mesiacoch január, február, marec a október ($\hat{\beta}_2 = 73486,2$, $\hat{\beta}_3 = 170644,9$, $\hat{\beta}_4 = 66819,8$ a $\hat{\beta}_{11} = 26677,2$). Záporné odhady parametrov regresných koeficientov umelých mesačných premenných predstavujúce každoročný pokles oproti mesiacu december modelom 3 sú odhadované v mesiacoch apríl až september a november ($\hat{\beta}_5 = -95945,5$, $\hat{\beta}_6 = -132108,3$, $\hat{\beta}_7 = -192967,4$, $\hat{\beta}_8 = -248003,7$, $\hat{\beta}_9 = -264135,2$, $\hat{\beta}_{10} = -75216,9$ a $\hat{\beta}_{12} = -468,7$). Aj model 3 odhaduje v jarých a letných mesiacoch sezónne nižší počet pacientov s AIHDC a infekciou COVID-19, ktorí navštívia ambulanciu.

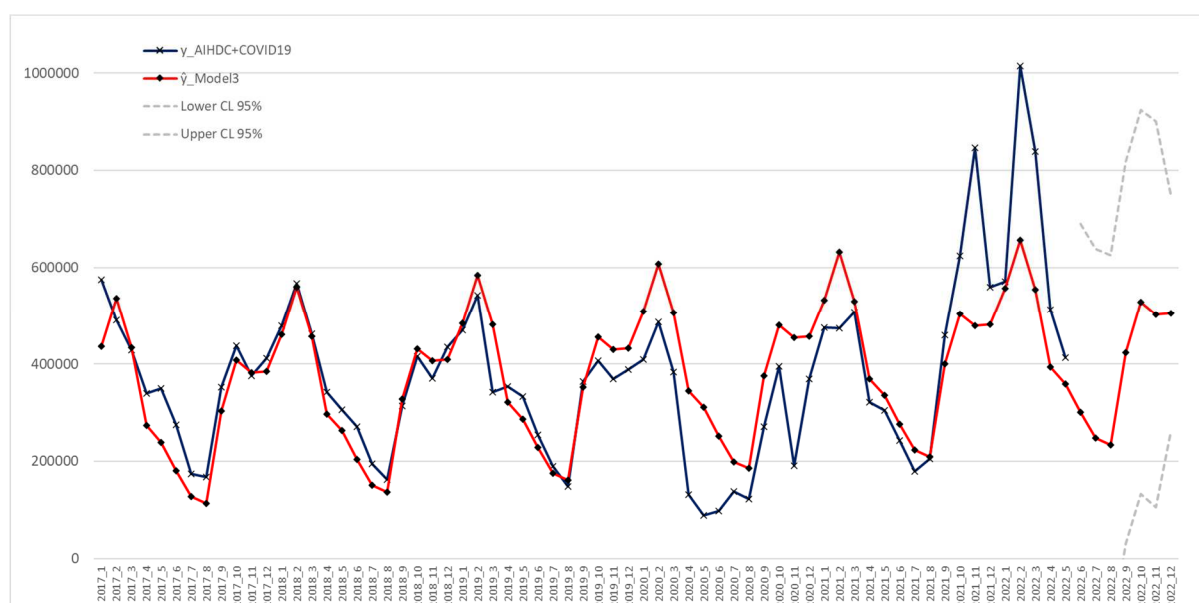
Bodové odhady parametrov mesačných koeficientov regresného modelu oproti poslednému mesiacu december na hladine významnosti $\alpha=0,1$ sú štatisticky nevýznamné pre mesiace január, marec, apríl, september, október a november. P-hodnoty týchto odhadov parametrov je vyššia ako stanovená α . Štatisticky významné bodové odhady parametrov viacrozmerného regresného modelu sú pre mesiace február, máj, jún, júl, august.

Ako uvádza tabuľka 9, koeficient determinácie modelu 3 je 60,6 %, čo znamená, že variabilita empirického časového radu AIHDC a COVID-19 v ambulantnej praxi je modelom vysvetlená na 60,6%. Štatistická významnosť modelu vyjadrená F -testom má hodnotu je 6,656 s p -hodnotou 0,00. Koeficient determinácie ako aj celý model považujeme za štatisticky významný.

Tab. 9 Významnosť a kvalita modelu 3 (Zdroj: vlastné spracovanie)

Regression Statistics		Anova	df	SS	MS	F	Signif. F
Multiple R	0.778	Regression	12	1206684750899.6	100557062575.0	6.656	0.00
R Square	0.606	Residual	52	785591857658.6	15107535724.2		
Adjusted R Square	0.515	Total	64	1992276608558.3			
Standard Error	122912.7						
Observations	65						

Priebeh pôvodného a odhadnutého časového radu podľa modelu 3 je uvedený na grafe 4.

**Graf 4** Vývoj AIHDC a COVID-19 v ambulantnej praxi SR a odhad viacnásobného regresného modelu 3 (Zdroj: Vlastné spracovanie)

3.4 Kvalita odhadov modelov

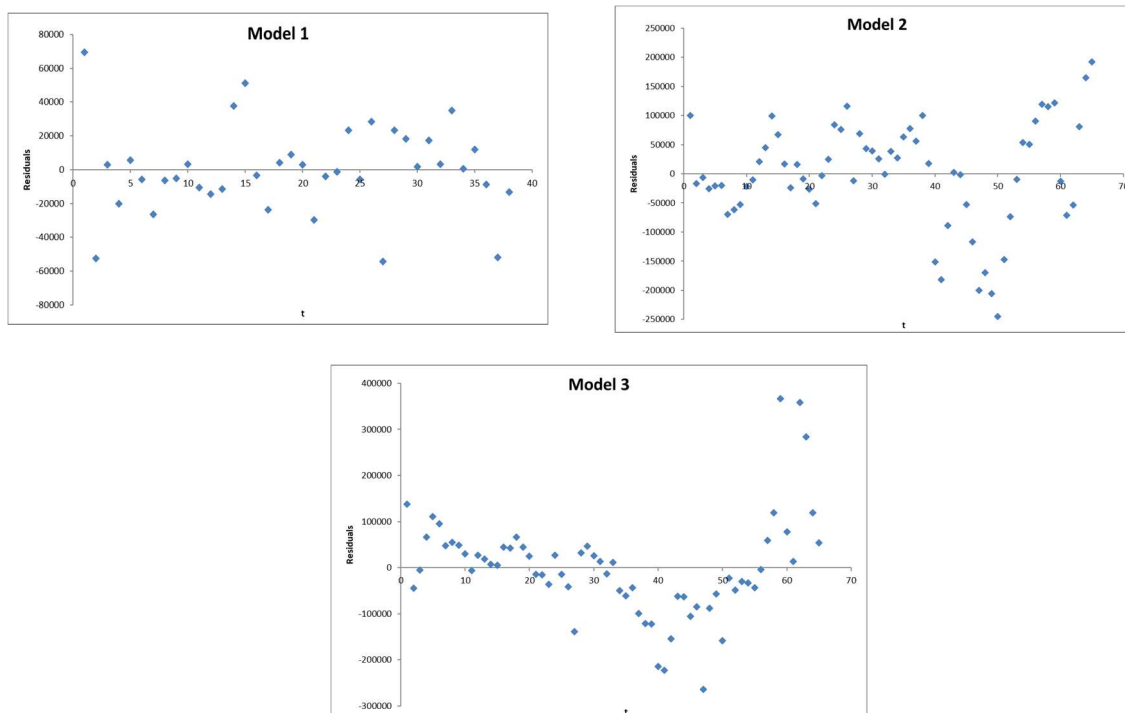
Kvalitu odhadov viacrozmerných regresných modelov sme porovnali pomocou niektorých štatistík. Z hľadiska zachytenia variability časového radu AIHDC v ambulantnej praxi SR je najlepší model 1, ktorý bol vytvorený na dátovom súbore pred obdobia pandémie COVID-19. Model 1 zachytáva variabilitu empirických dát na 94,7%. Na základe ostatných sledovaných charakteristík ako priemerná absolútna chyba (MAE), priemerná štvorcová chyba (MSE), priemerná absolútna percentuálna chyba (MAPE) a priemerná percentuálna chyba (MPE) vykazuje najlepšiu presnosť odhadu model 1. Jeho hodnoty v sledovaných parametroch sú najnižšie oproti ostatným modelom (tabuľka 10).

Tab.10 Miery presnosti predpovede modelov (Zdroj: vlastné spracovanie)

Miera	Model 1	Model 2	Model 3
R ² – koeficient determinácie	94,7%	55,7%	60,6%
Durbin – Watson štatistika	2,1	0,4	0,7
Priemerná absolútna chyba (MAE)	18356,4	68137,2	76344,3
Priemerná štvorcová chyba (MSE)	650358501,3	8002856671,9	12086028579,4
Priemerná absolútna percentuálna chyba (MAPE)	5.0%	39,5%	27,1%
Priemerná percentuálna chyba (MPE)	-0.4%	-19,8%	-10,4%

Durbinov-Watsonov koeficient autokorelácie rezíduí pri modeli 1 nadobúda hodnotu 2,1 (graf 5, model 1), čo považujeme za dostatočne blízko 2, na základe čoho akceptujeme hypotézu H_0 , čiže koeficient autokorelácie nie je štatisticky významný, tzn. reziduá e_t sú navzájom nezávislé (Šoltés, 2008).

Durbinov-Watson koeficient autokorelácie rezíduí pri modeli 2 a 3 nadobúda hodnoty $DW_{M2}=0,4$ a $DW_{M3}=0,7$ (graf 5, modely 2 a 3). Pri rozsahu výberového súboru $n=65$, počtu vysvetľujúcich premenných v regresnom modeli $k=12$ a hladine významnosti $\alpha=0,05$ je kritická hodnota dolného intervalu DW_L je 1,195. Nakoľko platí, že $DW_{M2} \in <0, DW_L$) a $DW_{M3} \in <0, DW_L$) zamietame nulovú hypotézu v prospech hypotézy o pozitívnej autokorelácii rezíduí modelu 2 a 3. V tomto prípade je potrebné zvážiť zaradenie ďalších vysvetľujúcich premenných alebo iných funkcií do modelu.

**Graf 5** Reziduá viacrozmerných regresných modelov (Zdroj: Vlastné spracovanie)

Na základe vypočítaných štatistík, ktorými sme porovnávali kvalitu modelov ako aj na základe pozitívnej autokorelácie rezíduí modelu 2 a 3, môžeme konštatovať, že obdobie pandémie COVID-19 výrazne zasiahlo do dynamiky akútnych infekcií horných respiračných ciest v ambulantnej praxi. Toto obdobie môžeme považovať za „šokové“, kedy sa zmenila cirkulácia vírusov spôsobujúcich respiračné infekcie a tým aj výskyt a poskytovanie zdravotnej starostlivosti pacientom s AIHDC v odborných ambulanciách na Slovensku.

4 Záver

Viacrozmernou regresnou analýzou sme odhadli trendovú a sezónnu zložku mesačného časového radu pacientov s AIHDC v ambulantnej praxi na Slovensku. Trendová zložka na dostupnom časovom období pred pandemiou bola klesajúca. Sezónna zložka opísala periodické zmeny, ktoré sa opakujú každý rok. V októbri, januári a februári boli modelom odhadnuté najvyššie bodové odhady parametrov mesačných koeficientov. Na jar a v letných mesiacoch sa každým rokom opakuje pokles výskytu respiračných infekcií, a tým aj návštevnosti ambulancií s AIHDC (najmä v mesiacoch jún, júl a august).

Pandémia COVID-19 viedla k bezprecedentným spoločenským zmenám a zmenám ľudského správania, ktoré okrem iného zmenili cirkuláciu respiračných vírusov, a tým aj výskyt respiračných infekcií na Slovensku. Počas obdobia pandémie bol zaznamenaný výrazný pokles poskytovania zdravotnej starostlivosti v súvislosti s AIHDC v ambulantnej praxi na Slovensku. Kvalita oboch regresných modelov, ktoré obsahovali obdobie pandémie COVID-19, bola slabšia. Sezónna zložka bola oproti štandardnému obdobiu, pred pandemiou, zmenená, najmä vplyvom proticovidových opatrení.

Významnú úlohu pri evidencii pacientov, ktorým je poskytovaná zdravotná starostlivosť, je rutinná prax v ambulantnej praxi na Slovensku. Použitý a vykázaný kód diagnózy ochorenia, ktorá môže byť iba predbežná, návšteva ambulancie pacientom s rovnakou diagnózou viac mesiacov po sebe, ako aj postupné zavádzanie nového dočasného kódu pre infekciu COVID-19 sú dôvody, ktoré je potrebné zobrať na zreteľ. Striktné pravidlá, obmedzenie pohybu obyvateľstva, zákaz verejných podujatí a obmedzenie obchodných a iných prevádzok, malo v období pandémie COVID-19 dopad aj na dostupnosť ambulantnej zdravotnej starostlivosti na Slovensku. Niektoré ambulancie sa v krátkom čase prispôbili novej situácii a poskytovanie zdravotnej starostlivosti v časti diagnostiky, sledovania pacienta a manažmentu liečby ochorenia poskytovali aj pomocou telemedicíny.

5 Literatúra

- Arlt, J., Arltová, M., Rublíková, E. (2002). Analýza ekonomických časových řad s příklady. Praha: Vysoká škola ekonomická v Praze. Praha: Oeconomica, 2002.
- Chajdiak, J, Rublíková, E., Gudába, M. (1997). Štatistické metódy v praxi. 2.vyd. Bratislava: Statis.
- NCZI. Medzinárodná klasifikácia chorôb MKCH-10 (s účinnosťou od 01.01.2023). <https://www.nczisk.sk/Standardy-v-zdravotnictve/Pages/Medzinarodna-klasifikacia-chorob-MKC-H-10.aspx>
- Pažitný, P. et al. (2022). Nadúmrtnosť na COVID-19 v kontexte rozhodnutí zdravotnej politiky (roky 2020 - 2022). https://healthcareconsulting.sk/sites/default/files/2022_12_15_ppt_nadumrtnost_1.pdf
- Rublíková, E. (2007). Analýza časových radov. Bratislava: Iura Edition.
- Šoltés, E. (2008). Regresná a korelačná analýza s aplikáciami. Bratislava: Wolters Kluwer.