

FMS 2022-08  
ISBN 978-9935-522-20-7



**Ferðamálastofa**  
Icelandic Tourist Board

# SPÁLÍKAN UM FERÐAÞJÓNUSTU ÁFANGASKÝRSLA: MAT Á SPÁJÖFNUM

**MARS 2022**

Gunnar Haraldsson

Spálíkan um ferðapjónustu

## **Mat á spájöfnum**

31/3/2022

© Ferðamálastofa 2022

Útgefandi: Ferðamálastofa - Geirsgötu 9, 101 Reykjavík / Hafnarstræti 91, 600 Akureyri  
Netfang: [upplýsingar@ferdamalastofa.is](mailto:upplýsingar@ferdamalastofa.is)  
Veffang: [www.ferdamalastofa.is](http://www.ferdamalastofa.is)  
Titill: Spálíkan um ferðapjónustu - Áfangaskýrsla: Mat á spájöfnum  
Höfundur: Gunnar Haraldsson  
Númer: FMS 2022-08  
ISBN: 978-9935-522-20-7

Öll réttindi áskilin. Skýrsluna má ekki afrita með neinum hætti, svo sem með ljósmyndun, prentun, hljóðritun eða á annan sambærilegan hátt, að hluta eða í heild, án skriflegs leyfis útgefanda.

## EFNISYFIRLIT

<b>1. Inngangur</b> .....	<b>3</b>
<b>2. Líkön til að spá fjölda erlendra ferðamanna</b> .....	<b>4</b>
2.1 Árleg líkön .....	4
2.2 Ársfjórðungslíkön .....	6
2.3 Mánaðarleg líkön .....	9
Spár með nokkrum líkönum .....	10
ARIMA – Box-Jenkins líkan .....	10
Veldisjöfnun - (ets).....	12
Veldisjöfnun með reki (theta).....	13
Tauganet (nn).....	14
<b>3. Spár</b> .....	<b>15</b>
3.1 Ársspár 2022-25.....	15
3.2 Ársfjórðungsspár 2022-23 .....	17
3.3 Mánaðarspár 2022 .....	18
<b>4. Umræða og næstu skref</b> .....	<b>21</b>
<b>Tilvísanir</b> .....	<b>22</b>
<b>Viðaukar</b> .....	<b>24</b>
Viðauki A Matsgögn fyrir langtímaspá .....	24
Viðauki B: ARIMA Box-Jenkins .....	24
Viðauki C: ETS .....	24
Viðauki C: Theta.....	25
Viðauki D: NN.....	25
Viðauki E: Val á ARIMA Box-Jenkins líkani .....	25
Viðauki F: fjöldi gistinguátta.....	26
Viðauki G: Eyðsla ferðamanna.....	26

## 1. INNGANGUR

Þessi skýrsla er hluti verkefnis er snýr að því að búa til heildstætt spákerfi með viðeigandi spátíðni fyrir stærðir er lýsa umfangi ferðaþjónustu á Íslandi.

Á fyrri stigum verkefnisins var sjónum beint að fræðilegum grunni spágerðarinnar, ólíkum líkönum og gagnasöfnun.

Í þessari skýrslu er að finna fyrsta mat á spájöfnum, stuðlum þeirra, óvissubílum og öðrum tölfræðilegum eiginleikum matsins auk fyrstu tilrauna til að nýta spájöfnur til spágerðar. Þá er umfjöllun um ýmsa þá þætti sem skoða þarf nánar til að bæta spákerfið.

Í fyrsta kafla skýrslunnar er fjallað um þrjú flokka spálíkana. Fyrsti flokkurinn er árleg spálíkön sem nota má til millilangra spáa, þ.e. 1-3/4 ár fram í tímann. Annar flokkurinn er ársfjórðungsleg spálíkön. Þau má nota til að spá 1 til 8 ársfjórðunga fram í tímann. Þriðji flokkurinn er mánaðarleg spálíkön. Þau henta til að spá allt að einu ári fram í tímann. Líkönunum er lýst. Stuðlar þeirra og form metin með hjálp fyrirbyggjandi gagna og fjallað um tölfræðilega eiginleika niðurstaðnanna.

Í öðrum kafla skýrslunnar eru fyrrgreind líkön notuð til að spá fyrir um fjölda erlendra ferðamanna, bæði til skemmri og lengri tíma. Hér er um fyrstu spátilraunir að ræða, fyrst og fremst til að gefa vísbendingu um hvers lags spár eru mögulegar. Frekari vinna við spágerð stendur fyrir dyrum. Meðal annars þarf að finna tölfræðilega trausta leið til að samhæfa hinar mismunandi spár þannig að summa spáa með hærri tíðni sé jöfn spám með lægri tíðni, s.s. að summa þriggja mánaðarspáa sé jöfn ársfjórðungsspám o.s.frv.

Að lokum er umræða um niðurstöður og fjallað um næstu skref.

Til að auka læsileika skýrslunnar hafa ýmsar tölfræðilegar upplýsingar verið færðar í viðauka.

**Um er að ræða afurð verkefnis sem er í vinnslu og því má gera ráð fyrir að hún muni taka breytingum í verkferlinu.**

## 2. LÍKÖN TIL AÐ SPÁ FJÖLDA ERLENDRA FERÐAMANNA

### 2.1 Árleg líkön

Í fyrri áfangaskýrslum hefur verið fjallað um að rök standi til þess að við spá um fjölda ferðamanna megi notast við S-bugðu vaxtarlíkön af taginu:<sup>1</sup>

$$\Delta x(t) = a \cdot x(t-1) - B(p, gdp, k) \cdot x(t-1)^c,$$

þar sem  $x(t)$  er fjöldi ferðamanna á tíma  $t$  og  $\Delta x(t) = x(t) - x(t-1)$ ,  $p$  verð á ferðum,  $gdp$  tekjur (þjóðartekjur) í upprunalöndum ferðamanna og  $k$  ferðamannainnviðir.  $a$ ,  $B$  og  $c$  eru stuðlar.

Tölfræðilegar athuganir á grundvelli ársgagna fyrir  $x$ ,  $p$  og  $gdp$  á árunum 2010-20 benda til að eftirfarandi S-bugðu vaxtarlíkan falli sæmilega vel að gögnunum

$$(1) \quad \Delta x(t) = A(p, gdp, k) \cdot x(t-1) - b \cdot x(t-1)^2,$$

þ.e. það virðist gefa betri raun að gera stuðulinn  $a$  fremur en  $b$  að falli af útskýringarstærðunum  $p$ ,  $gdp$  og  $k$ .

### Aðfallsjafna

Fyrir lágu gögn um fjölda erlendra ferðamanna,  $x$ , landsframleiðslu í löndum OECD,  $gdp$ , og raungengi krónunnar,  $rg$ , á tímabilinu 2010-20. Síðasta breytan,  $rg$ , á að endurspeglar verð á ferðum til Íslands. Þessi gögn eru birt í viðauka A. Gögn um innviði (t.d. fjölda flugsæta til landsins, hótélrum o.s.frv.) lágu ekki fyrir.

Tölfræðileg eftirgrennslan gaf til kynna að eftirfarandi líking félli bæði sæmilega vel að gögnunum og hefði viðunandi tölfræðilega eiginleika

$$(2) \quad \frac{\Delta x(t)}{x(t-1)} = a_0 + a_1 \cdot gdp(t) + a_2 \cdot gdp(t-1) + b \cdot x(t-1),$$

Raungengið bætti með öðrum orðum ekki tölfræðilega útskýringu á þróun í ferðamannafjölda. Fyrir því kunna að vera ýmsar ástæður. Í fyrsta lagi ræðst kostnaður við ferð til Íslands öðru fremur af verði flugsæta og hótélherbergja. Raungengið er ekki góður mælikvarði á þessa þætti. Í öðru lagi er vel hugsanlegt að verð á Íslandsferðum hafi í rauninni ráðið litlu um þróun ferðamannafjölda til landsins á gagnatímabilinu.

Í jöfnu (2) er jafnvægisgildi ferðamannafjölda, þ.e. sá árlegi ferðamannafjöldi sem þróunin leitar til

---

<sup>1</sup> Sjá áfangaskýrslu D2.

$$x_{equi}(t) = \frac{a_0 + a_1 \cdot gdp(t) + a_2 \cdot gdp(t-1)}{-b}$$

$$\equiv \frac{a_0 + \left( a_1 \cdot \frac{gdp(t)}{gdp(t-1)} + a_2 \right) \cdot gdp(t-1)}{-b}$$

Augljóst er þetta jafnvægisgildi breytist yfir tíma nema þegar landsframleiðslan í OECD löndunum, þ.e.  $gdp$ , er fasti. Hvort það vex eða minnkar með  $gdp$  fer eftir gildi stuðlanna. Ef ferðalög til Íslands eru ekki óæðri (e. inferior) vara ætti það að vaxa með  $gdp$ .

Tölfræðileg útgáfa af líkingu (2) er

$$(3) \quad \frac{\Delta x(t)}{x(t-1)} = a_0 + a_1 \cdot gdp(t) + a_2 \cdot gdp(t-1) + b \cdot x(t-1) + u(t),$$

þar sem  $u(t)$  er tilviljunarkenndur slembiliður. Vert er að veita því eftirtekt að háða breytan, þ.e. sú stærð sem verið er að útskýra í (2), er hlutfallsleg breyting í fjölda ferðamanna frá einu ári til annars.

Líking (1) var metin með venjulegri aðferð minnstu kvaðrata (VAMK). Nauðsynleg (en ekki nægileg<sup>2</sup>) forsenda fyrir því að sú matsaðferð gefi áreiðanlegar niðurstöður er að  $u(t)$  sé normaldreifður hvítur hávaði. Helstu matsniðurstöður eru raktar í töflu 1:

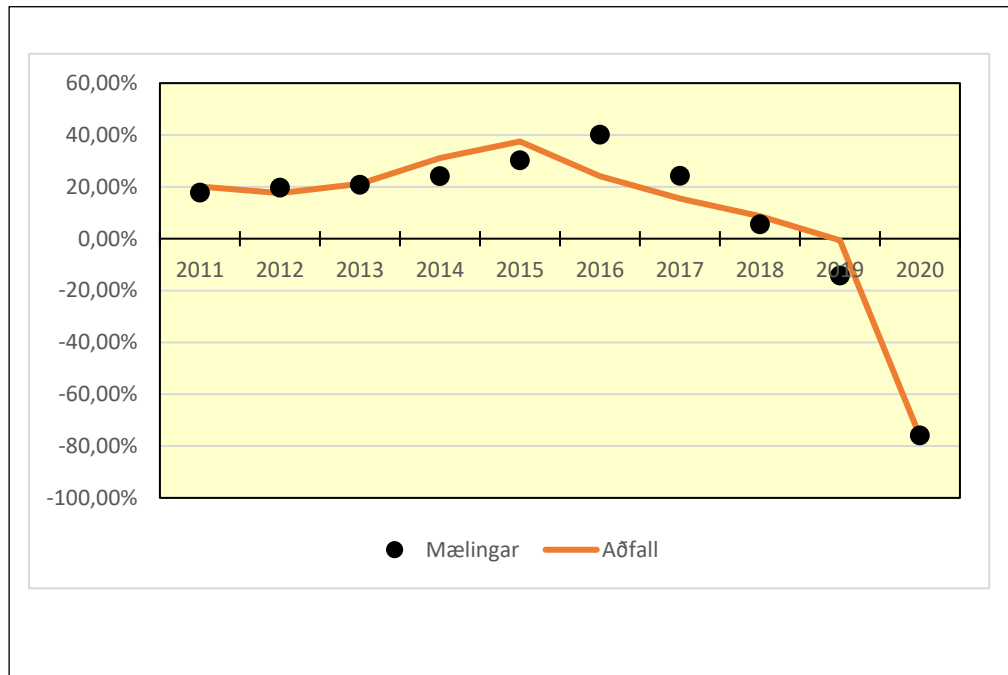
Tafla 1 Mat á líkingu (3)

Fjöldi athugana	Afgangar				Stuðlar (t-gildi í svigum)			
	R <sup>2</sup>	DW	Mis-dreifni	Normal	$a_0$	$a_1$	$a_2$	$b$
10	0.94	1.84	Hafnað	Ekki hafnað	-5.5857 (-1.7)	13.978 (5.7)	-8.1639 (-4.2)	-.00063798 (-2.3)

Eins og sjá má hefur þessa metna aðfallsjafna sæmilega tölfræðilega eiginleika. Útskýringarmátturinn er góður, en 94% af breytileikanum í háðu breytunni er útskýrður með líkingunni. DW, misdreifni- og normal prófin gefa til kynna að afgangarnir séu ekki sjálffylgnir, ekki misdreifðir og hafi normal dreifingu. Sé svo (og aðrar forsendur standast) eru t-prófin fyrir stuðlana áreiðanleg. Samkvæmt þeim eru allir stuðlarnir sæmilega marktækir.

<sup>2</sup> Aðrar veigamiklar forsendur eru að (i) fallformið sé rétt, (ii) háða breytan sé rétt mæld og (iii) útskýringarbreytur séu ekki fall af háu breytunni og (iv) útskýringarbreytur hafi endanlegan varians þegar athuganir stefna á óendanlegt.

Mynd 1 Hlutfallslegur vöxtur í ferðmannafjölda: Gögn og aðfall



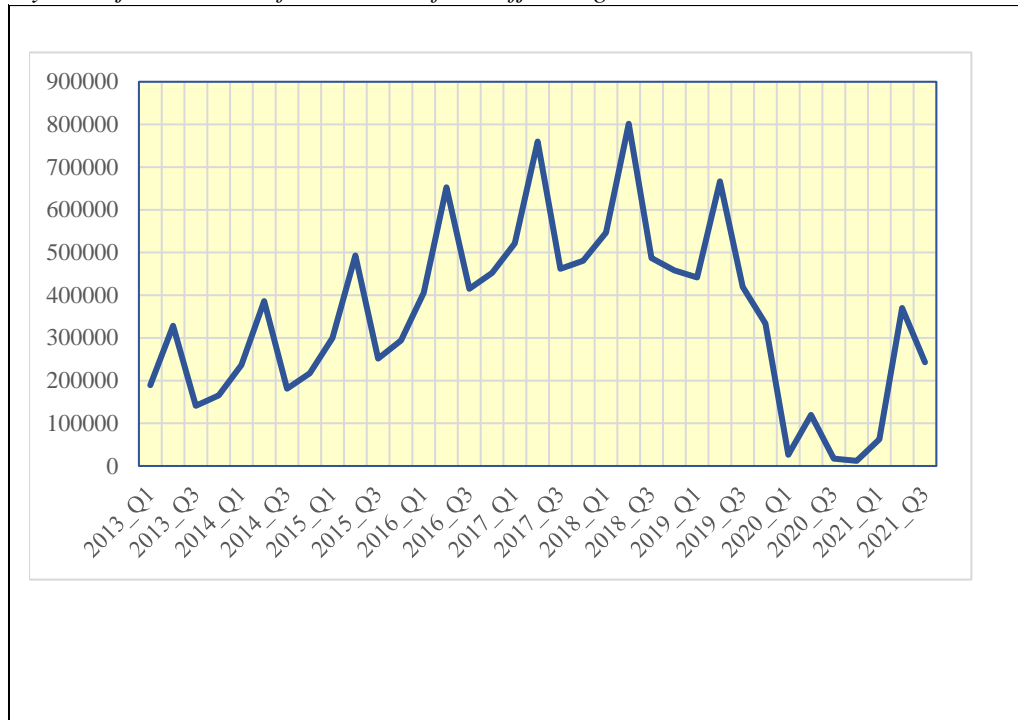
Mynd 1 lýsir því hvernig hin metna líking fellur að gögnunum. Eins og sjá má er aðfallsskekkjan ekki mikil. Hún er að meðaltali um 5,5%. Mest er hún árin 2016 þegar hlutfallslegum vexti ferðmannafjölda er vanspáð upp á tæplega 16% og árið 2019 þegar vextinum er ofspáð upp á 13,6%.<sup>3</sup> Hins vegar er aðfallið fyrir árið 2020, þegar ferðamannafjöldinn hrundi, vanmat upp á aðeins 0,29%.

## 2.2 Ársfjórðungslíkön

Mikill breytileiki er í fjölda erlendra ferðamanna eftir árstíðum. Mynd 2 lýsir fjölda erlendra ferðamanna til landsins eftir ársfjórðungum frá árinu 2013 til ársloka 2021. Árstíðasveiflan í gögnunum er greinileg. Á árunum 2020 og 2021 er þróun raðarinnar með öðrum hætti en áður fyrst og fremst vegna áhrifa Covid-faraldursins.

<sup>3</sup> Tilkoma og brotthvarf Wow Air útskýra sennilega þessi tiltölulega miklu frávik.

Mynd 2 Fjöldi erlendra ferðamanna eftir ársfjórðungum



Heimild: Ferðamálastofa.

### Aðfallsjafna

Ein leið til að taka tillit til árstíðasveiflna er að gera ráð fyrir því að mismunandi föll útskýri þróun ferðamanna á hverjum ársfjórðungi fyrir sig. Sé sem fyrr gert ráð fyrir að S-bugðu fall eigi við frá einum tíma til annars, myndi þetta leiða til líkansins

$$(4) \quad \Delta x(t) = a(i) \cdot x(t-1) - b(i) \cdot x(t-1)^2, \quad i=1, \dots, 4.$$

Með öðrum orðum; S-bugðu kenning á við um þróun ferðamannafjöldans í hverjum ársfjórðungi en stuðlar S-bugðunnar eru mismunandi frá einum ársfjórðungi til annars. Takið eftir að líking (4) inniheldur fjórar mismunandi jöfnur um þróun ferðamannafjölda, eina jöfnu fyrir hvern ársfjórðung.

Mikilvægt er að átta sig á því að þar sem líkan (4) inniheldur fjórar 1. gráðu mismunajöfnur getur þróun ferðamannafjölda yfir tíma samkvæmt því líkani orðið miklu margbrotnari og óstöðugri en samkvæmt árslíkaninu sem lýst var í kafla 2.1. hér að framan.

Líkan (4) má meta sem fjögurra jöfnu jöfnukerfi með viðeigandi tölfræðilegum kerfisaðferðum (sjá t.d. Judge et al. 1985). Tölfræðilega skilvirkara<sup>4</sup> er hins vegar að meta líkönin sem eina jöfnu með hjálp gervibreyta. Slík jafna gæti verið

<sup>4</sup> Því sé líkanið metið sem fjórar jöfnur eru athuganir per jöfnu aðeins ¼ af fjölda athugana alls.



$$(5) \quad \Delta x(t) = \sum_{i=1}^4 a(i) \cdot d(i,t) \cdot x(t-1) - \sum_{i=1}^4 b(i) \cdot d(i,t) \cdot x(t-1)^2,$$

þar sem  $d(i,t)$  er gervibreyta sem er 1 í ársfjórðungi  $i$  en 0 annars.

Og hentugri aðfallsjafna verður

$$(6) \quad \frac{x(t) - x(t-1)}{x(t-1)} = \sum_{i=1}^4 a(i) \cdot d(i,t) - \sum_{i=1}^4 b(i) \cdot d(i,t) \cdot x(t-1) + u(t),$$

þar sem gert er ráð fyrir að slembiliðirnir,  $u(t)$ , séu normaldreifður hvítur hávaði.

### Tölfræðilegt mat

Nokkuð umfangsmikið tölfræðilegt mat á líkingu (6) var framkvæmt. Helstu niðurstöður þessa mats eru raktar í töflu 2.

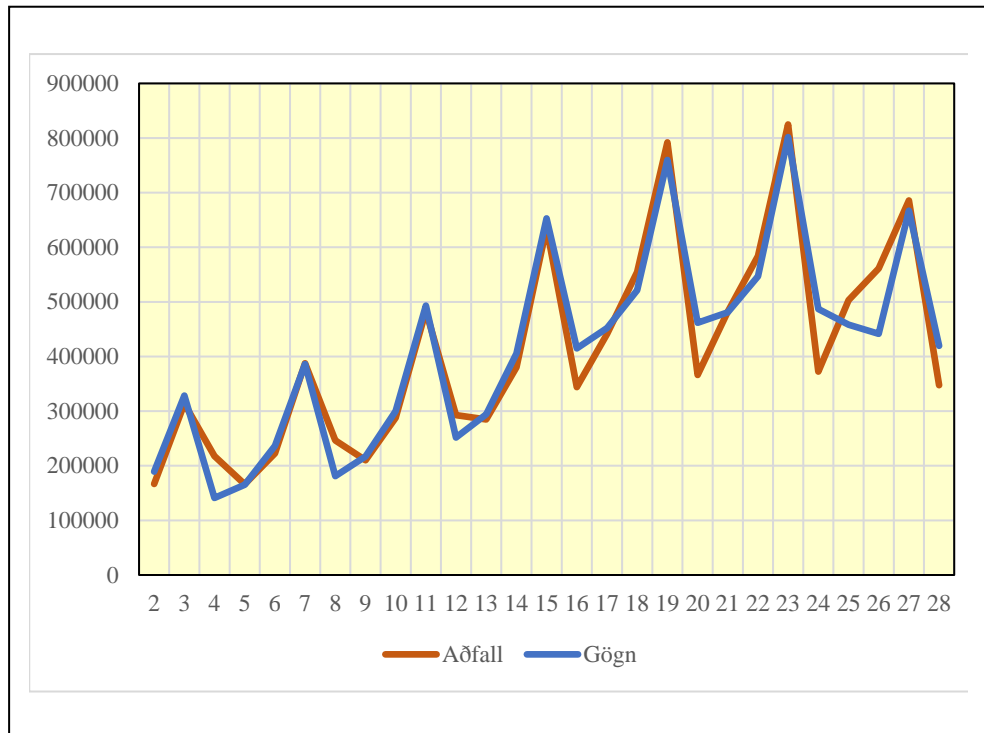
Tafla 2 Mat á líkingu (6)

Fjöldi athugana	Afgangar				Stuðlar (t-gildi í svigum)				
	R <sup>2</sup>	DW	Mis-dreifni	Normal	$a(1)$	$a(2)$	$a(3)$	$a(4)$	$b$
27	0.93	1.77	Hafnað	Ekki hafnað	0.236 5 (3.4)	0.4157 (6.2)	0.7371 (9.9)	-0.2001 (-2.0)	$-4.175 \cdot 10^{-6}$ (2.7)

Eins og sjá má af töflu 2 virðast tölfræðilegir eiginleikar þessa mats vera góðir. Frekari greining (e. diagnostic test) á tölfræðilegum eiginleikum (6) gefa ekki til kynna sjálffylgni, misdreifni eða óstöðugleika í metnum stuðlum. Metna aðfallsjafnan verður því að teljast sæmilega traust frá tölfræðilegu sjónarmiði.

Mynd 3 sýnir hversu vel matið fellur að gögnunum á matstímabilinu ásamt spám einn ársfjórðung fram í tímann í senn fyrir ársfjórðungana átta á Covid-tímabilinu 2020-2021.

Mynd 3 Fjöldi erlendra ferðamanna eftir ársfjórðungum: Raungögn og metin aðfallsjafna (2013-2 til 2019-4)



Eins og sjá má fellur hin metna aðfallsjafna sémilega að gögnunum. Henni tekst að elta bæði þróunina og árstíðasveiflurnar sémilega vel. Þó er athyglisvert að þegar líður á tímabilið eru árstíðasveiflurnar samkvæmt hinni metnu aðfallsjöfnu meiri en í gögnunum. Kann það að vera vísbending um að markaðsstarfsemi í ferðaþjónustu hafi tekist að dreifa komum erlendra ferðamanna betur yfir árið. Sé svo, er það þáttur sem ekki er innifalinn í aðfallsjöfnunni og gæti komið til álita að hafa með í einhverju formi í síðari þróunarskrefum þessarar spágerðar.

### 2.3 Mánaðarleg líkön

Þau líkön sem fjallað hefur verið um hér að framan notast við árgögn og ársfjórðungsgögn um fjölda ferðamanna til að spá fyrir um framtíðargildi til meðallangs og lengri tíma.

Að sama skapi er áhugavert að skoða spár til skemmri tíma þar sem notast er við mánaðargögn frekar en árgögn.

Það sem hér fer á eftir eru bráðabirgðaniðurstöður úr mati á tímaraðalíkönum þar sem notast er við mánaðargögn til að spá fyrir um fjölda erlendra ferðamanna á Íslandi. Sérstaklega er sjónum beint að því hvaða áhrif val á tímátöfum hefur fyrir spágerðina auk niðurstaðna ólíkra líkana.

Tímaraðalíkon eins og þau sem hér eru notuð byggja á því að spá innri breytunni með því að notast við línulega samsetningu fyrri gilda þeirrar sömu breytu. Nafngift aðferðarinnar vísar til þess að breytan fylgi sjálfri sér.

Það er ekki alveg einfalt mál hvernig eigi að meta hvaða líkan er best á hverjum tíma til að spá, en tölfræðiþróf og tölfræðilegir mælikvarðar hjálpa til að velja líkan sem hefur ákjósanlega tölfræðilega eiginleika.

### *Gögnin og tímabil*

Notast er við tölur um fjölda erlendra ferðamanna sem fóru um Keflavíkurflugvöll á tímabilinu janúar 2008 til ágúst 2021.<sup>5</sup> Hér síðar er fjallað um hvaða áhrif ólík gagnatímabil hafa á ólíkar spár.

### *Spár með nokkrum líkönum*

Hér hefur verið prófað að keyra nokkur önnur tímaraðalíkon sem algeng eru við spár sem þessar. Hér verður fjallað nánar um fjögur þeirra, þ.e.

- ARIMA (Box-Jenkins) líkan (arima)
- Veldisjöfnun (e. Exponential smoothing, ets) líkan
- Veldisjöfnun með leitni (theta)
- Taugagreiningarlíkan (e. Neural networks, nn)

### ARIMA – Box-Jenkins líkan

ARIMA-líkon byggja á því að spá innri breytunni með því að notast við línulega samsetningu fyrri gilda þeirrar sömu breytu. Nafngift aðferðarinnar vísar til þess að breytan fylgi sjálfri sér.

Slík líkon geta verið af ýmsum toga og eru sambland af sjálffylgni og hreyfanlegum meðaltölum. Algengt er að setja þau fram sem  $ARIMA(p,d,q)$  þar sem  $p$  er fjöldi tafðra breyta,  $d$  er fjöldi mismunaliða til að gera gögnin sístæð og  $q$  er fjöldi tafðra gilda afgangslíða.<sup>6</sup> Þannig eru til ótal útgáfur af slíkum líkönum, eftir ólíkum gildum á  $p$ ,  $d$  og  $q$ .

Notast er við KPSS próf til að ákvarða fjölda mismuna (e. differences) í Hyndman-Khandakar algrími og  $p, d$  og  $q$  í  $ARIMA(p,d,q)$  líkani eru valin þannig að AIC sé lágmarkað, þar sem notast er við skrefaða leit (e. stepwise search). Ítrun er notuð til að finna líkan með lægsta AIC.<sup>7</sup>

Það líkan sem þannig er valið er árstíðasveifluleiðrétt ARIMA líkan (sjá viðauka B).

---

<sup>5</sup> Tekinn var náttúrulegur lógaritmi af gögnunum.

<sup>6</sup> ARIMA stendur fyrir Autoregressive Integrated Moving Averages.

<sup>7</sup> Sjá viðauka E.

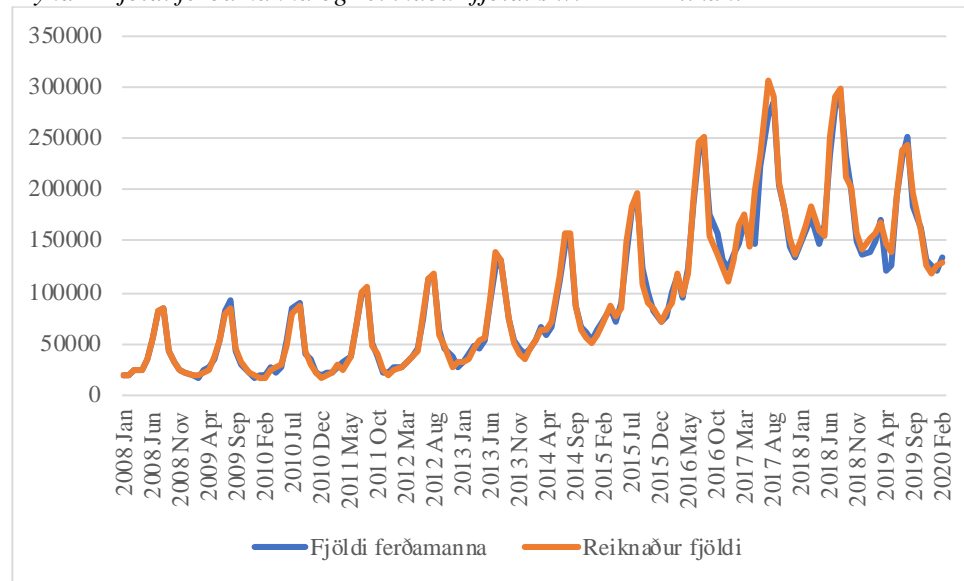
Tafla 3 Stuðlamat ARIMA líkans

	<i>stuðlar</i>	<i>staðalvilla</i>	<i>t-gildi</i>	<i>p-gildi</i>
ma1	-0.247	0.0878	-2.81	0.00571
ma2	-0.214	0.0862	-2.48	0.0145
seasonal am1	-0.196	0.0906	-2.17	0.0320

Eins og sjá má er stuðlamatið traust, a.m.k. í þeim skilningi að metnir stuðlar eru tölfræðilega marktækt frábrugðnir því að vera núll, m.v. 95% vissu.

Samanburð á raunverulegum gildum og reiknuðum gildum út frá líkaninu má sjá á meðfylgjandi mynd.

Mynd 4 Fjöldi ferðamanna og reiknaður fjöldi skv. ARIMA líkani



Hér er mikilvægt að huga að afgangslíðum og þá sérstaklega hvað varðar sjálffylgni. Í meðfylgjandi töflu má sjá niðurstöðu Ljung-Box prófs um sjálffylgni í afgangslíðum líkansins.

Tafla 4 Prófi um sjálffylgni í afgangslíðum ARIMA líkans

<i>Próf</i>	<i>Q-prófstærð</i>	<i>p-gildi</i>
Ljung-Box	2.58	0.108

Niðurstöður prófsins benda til að hægt sé að hafna tilgátu um sjálffylgni í afgangslíðum þessa líkans.

Af þessu má ráða að viðkomandi ARIMA líkan lýsi sæmilega gögnunum og hafi viðunandi tölfræðilega eiginleika.

Frekari tölulegar niðurstöður matsins má finna í viðauka B.

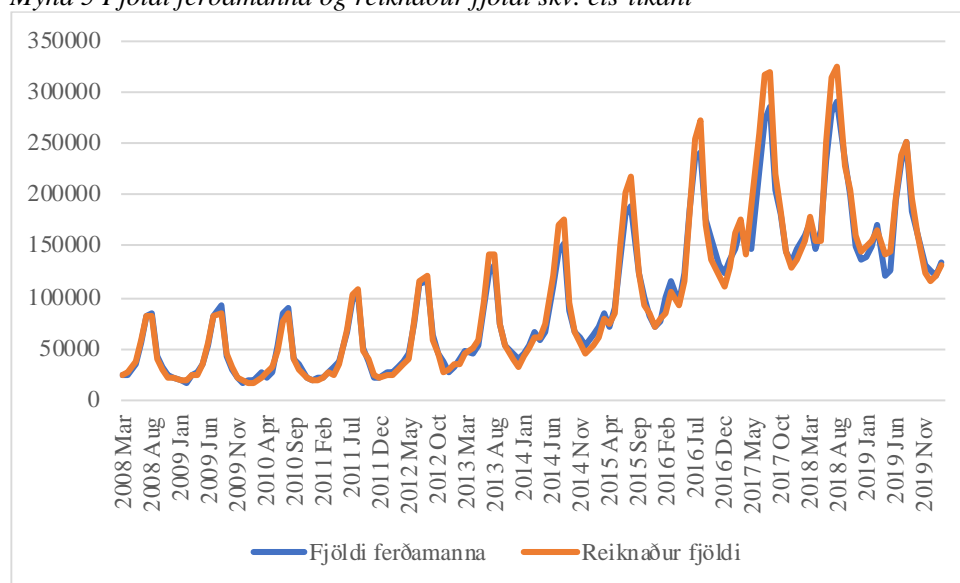
## Veldisjöfnun - (ets)

Veldisjöfnun (e. exponential smoothing) er keimlík aðferð þeim sjálffylgnilíkönunum sem hér hefur verið lýst. Þessi aðferð metur framtíðargildi með því að metin gildi (spá) horfa til fyrri gilda (fortíðar), en þó þannig að þeir atburðir sem liggja nær í tíma hafa meiri vigt en þeir sem fjær liggja.<sup>8</sup> Í raun er hér því um að ræða jöfnun (e. smoothing) á leitni.

Hægt er að taka tillit til árstíðasveiflu í gögnunum og hefur það verið gert hér. Líkanið metur þannig jöfnunarstuðla,  $\alpha$  og  $\gamma$ , sem og stuðla til að meta árstíðasveiflur en nánari tölulegar niðurstöður má finna í viðauka C.

Eins og sjá má á mynd 5 fellur þetta líkan sæmilega að gögnunum.

Mynd 5 Fjöldi ferðamanna og reiknaður fjöldi skv. ets-líkani



Líkt og áður má prófa með Ljung-Box prófi hvort líklegt sé að sjálffylgni sé í afgangslíðum þessa líkans. Niðurstöðurnar má sjá í töflu 5.

Tafla 5 Prófum sjálffylgni í afgangslíðum ets-líkans

Próf	Q-prófstærð	p-gildi
Ljung-Box	43.7	0.0000

Niðurstöður prófsins benda til að ekki sé hægt að hafna því með hæfilegri vissu að ekki sé til staðar sjálffylgni í afgangslíðum þessa líkans. Líkanið hefur þannig ekki heppilega tölfræðilega eiginleika, mælt á þennan mælikvarða. Hins vegar er hann ekki algildur þegar meta skal hvort líkan sem þetta sé gott til að spá til mjög skamms tíma.<sup>9</sup>

<sup>8</sup> [https://afit-r.github.io/ts\\_exp\\_smoothing](https://afit-r.github.io/ts_exp_smoothing)

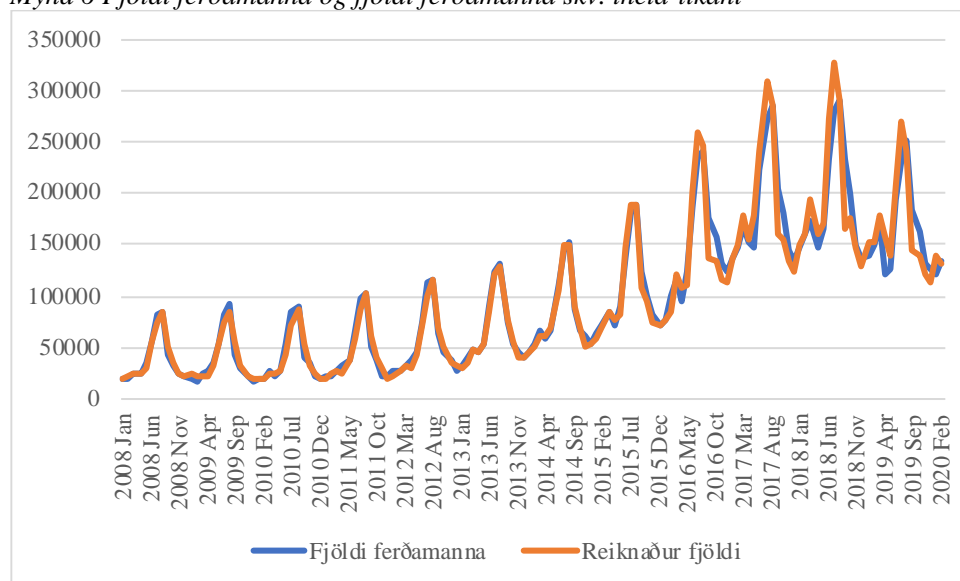
<sup>9</sup> Aðrar tölulegar niðurstöður matsins má finna í viðauka C.

## Veldisjöfnun með reki (theta)

Þetta líkan er sérstök útfærsla á veldisjöfnun, þar sem bætt er við reki (e. drift). Ólíkt aðferðum sem byggja á því að skipta eiginleikum tímaraða í leitni, árstíðasveiflur og óreglulega þætti og nota hvern og einn þessara þátta til að spá fyrir um framtíðina þá byggist aðferðin á því að skipta eiginleikum raðarinnar, þegar búið er að leiðrétta fyrir árstíðasveiflu, í langtíma- og skammtímahluta.<sup>10</sup>

Þetta líkan virðist falla sæmilega að gögnunum, en svo virðist sem það ýki sveiflur í samanburði við bæði ARIMA og ets líkanið sem fjallað hefur verið um hér að framan.

Mynd 6 Fjöldi ferðamanna og fjöldi ferðamanna skv. theta-líkani



Ljung-Box próf bendir til sjálffylgni í afgangslíðum, eins og sjá má af töflu 6.<sup>11</sup>

Tafla 6 Próf um sjálffylgni í afgangslíðum theta-líkans

Próf	Q-prófstærð	p-gildi
Ljung-Box	24.5	0.0000

Af þessum samanburði virðist mega ráða að þau þrjú líkön sem hér hafa verið prófuð fylgi öll nokkuð vel gögnunum en árstíðarleiðrétta ARIMA líkanið hafi heppilegri tölfræðilegri eiginleika þar sem það er laust við sjálffylgni í afgangslíðum. Það þarf þó ekki að þýða að það spái betur til

<sup>10</sup> Sjá Assimakopoulos og Nikolopoulos (2000). Nánari lýsing á því líkani sem liggur til grundvallar útreikningunum hér má finna hjá Hyndman og Billah (2001). Einnig Fiorucci og fél. (2016) um aðrar mögulegar útfærslur.

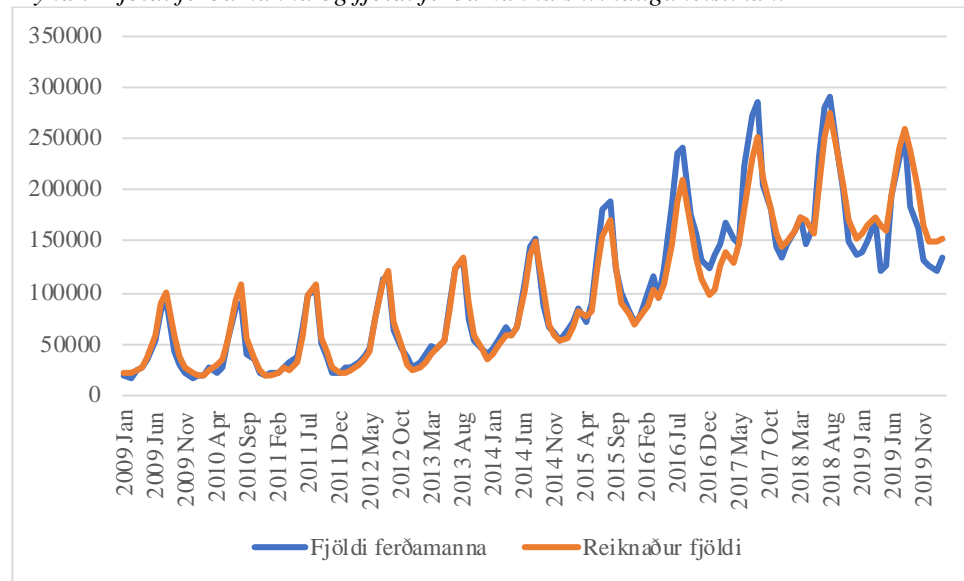
<sup>11</sup> Nánari tölulegar niðurstöður matsins er að finna í viðauka C.

mjög skamms tíma, en tölfræðileg víska um stuðlamat þess líkans er traustari en hinna.

### Tauganet (nn)

Tauganet eru tölfræðilegar aðferðir þar sem algrím (e. algorithm) eru notuð til að finna mynstur í gögnum. Vinsældir slíkra líkana hafa aukist á síðustu árum, bæði vegna betra aðgengis að ýmis konar gögnum og aukinnar reiknigetú. Vandinn við slíkar aðferðir er að erfitt getur verið að átta sig á því hvernig líkönin virka í raun og veru.<sup>12</sup>

Mynd 7 Fjöldi ferðamanna og fjöldi ferðamanna skv. tauganetslíkani



Líkt og sjá má af mynd hér að ofan þá er sémileg fylgni milli reiknaðs fjölda tauganetsins og raunverulegra gilda. Hér verður þó að fara varlega við túlkun, sérstaklega þar sem erfitt getur verið að leggja merkingu í umfang frávikum í reiknuðum gildum frá raunverulegum tölum.<sup>13</sup>

<sup>12</sup> Sem dæmi um erlendar rannsóknir sem beitt hafa slíkum aðferðum er Law og Au (1999), Chen og fél. (2012) og Tsau og Kuo (2011).

<sup>13</sup> Nánari lýsingu og tölulegar niðurstöður matsins er að finna í viðauka D.

### 3. SPÁR

Í þessum kafla verður gerð grein fyrir notkun ofangreindra líkana til að spá fyrir um fjölda erlendra ferðamanna á árunum 2022-25. Vegna eðlis hina mismunandi líkana er spátímabil þeirra mismunandi. Þannig er árslíkanið sem hannað er til millilangra spáa notað til að spá árlegum fjölda erlendra ferðamanna fjögur ár fram í tímann, þ.e. á árunum 2022 til og með 2025. Ársfjórðungslíkanið er notað til að spá átta ársfjórðunga fram í tímann, þ.e. til ársloka 2023. Mánaðarlíkanið er notað til að spá fjölda ferðamanna í mánuði hverjum á árinu 2022.

Rétt er að taka það skýrt fram að hér er ekki um að ræða formlegar spár heldur dæmi um þær spár sem síðar munu vera gerðar. Þannig hafa niðurstöður mismunandi líkana ekki verið samhæfðar þannig að summa mánaðarspáa sé jöfn ársfjórðungsspám og summa ársfjórðungsspáa jöfn ársspám, o.s.frv. Skynsamleg samhæfing spáa frá þessum mismunandi líkönum þarf að byggjast viðeigandi tölfræðigreiningu sem er ekki einfalt mál.

Þar sem þær spár um fjölda erlendra ferðamanna sem á eftir fara eru um óorðna tíð geta þær ekki verið annað en innri spár í þeim skilningi að fyrri spágildi en ekki raunveruleg gögn eru notuð til að reikna spárnar.

#### 3.1 Ársspár 2022-25

Verulega hefur dregið úr ferðatruflunum þeim sem stöfuðu af Covid-faraldrinum. Þótt enn sé nokkrar blikur á lofti vegna Covid og ófriðar í Evrópu er gert ráð fyrir að á árinu 2022 ráði fyrri lögmál sem endurspeglast í S-líkaninu og matinu á hinni árlegu aðfallsjöfnu. Þau muni ráð þróun í fjölda erlendra ferðamanna á árinu 2022 og enn frekar á næstu árum. Þá er gert ráð fyrir svipaðri þróun vergrar landsframleiðslu í OECD löndum og alþjóðlegar efnahagsstofnanir hafa gert ráð fyrir.

Á þessum grundvelli hefur verið gerð eftirfarandi innri spá um komur erlendra ferðamanna til landsins á árunum 2022-25 á grundvelli hinnar metnu aðfallslíkingar sem skýrgreind var í töflu 1. Þessar spániðurstöður eru raktar í töflu 7.

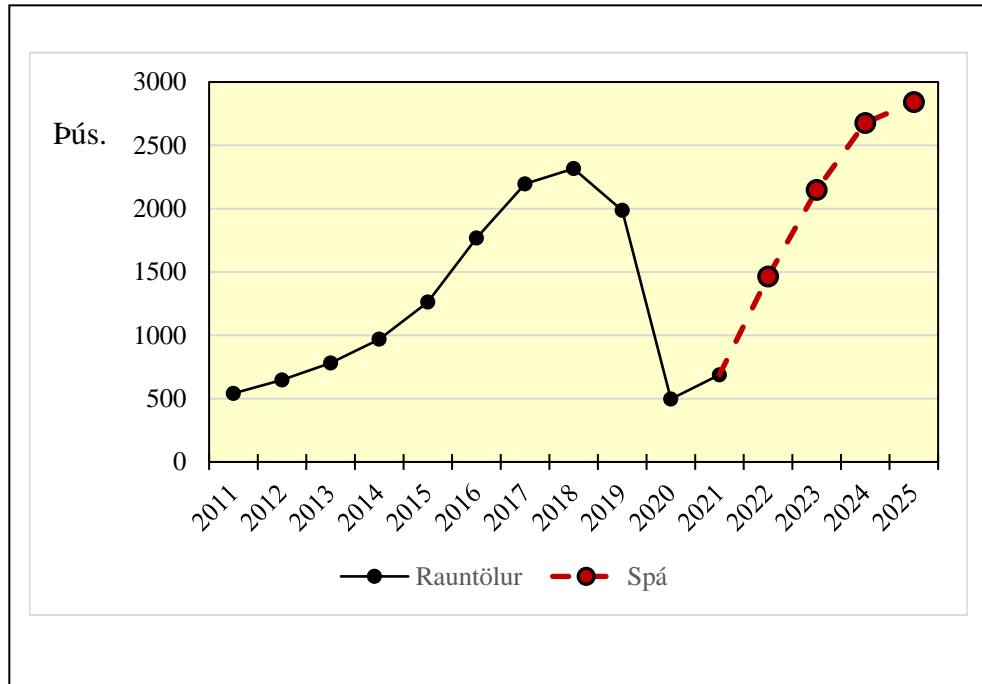


Tafla 7 Spá um fjölda erlendra ferðamanna til landsins (byggð á árslíkaninu)

Ár	Fjöldi erlendra ferðamanna	Lægri mörk	95% óvissubíl Efri mörk
2022	1.464.259	934.411	1.994.107
2023	2.147.965	953.905	3.342.025
2024	2.677.055	821.442	4.532.476
2025	2.842.345	335.215	5.349.476

Til frekari glöggvunar er hér einnig birt mynd af spánni í samanburði við rauntölur fyrri ára (mynd 8).

Mynd 8 Árlegur fjöldi erlendra ferðamanna: Rauntölur og spá



Eins og sjá má á myndinni (og raunar töflunni einnig) er spáð tæplega 1,5 milljónum erlendum ferðamanna til landsins á árinu 2022. Á árinu 2023 er spáð að tala erlendra ferðamanna verði komin upp fyrir það sem hún var 2019. Eftir það er talið að dragi heldur úr vextinum en fjöldi erlendra ferðamanna til landsins nálgist 3 milljónir á árinu 2025.

### 3.2 Ársfjórðungsspár 2022-23

Sem fyrr greinir er í þessum spám gert ráð fyrir að neikvæð áhrif Covid faraldursins á alþjóðlega ferðamennsku dvíni mjög á árinu og verði hverfandi undir lok þess. Á þessum grundvelli hefur með hjálp hins metna ársfjórðungslega líkans (kafla 2.2) eftirfarandi innri spá um komur erlendra ferðamanna til landsins í hverjum ársfjórðungi 2022 og 2023 verið gerð. Spáin byggir á hinni metnu aðfallsjöfnu í töflu 2 og notar raunverulegan fjölda erlendra ferðamanna á 4. ársfjórðungi 2021. Því má segja að hún geri ráð fyrir sömu Covid-áhrifunum og voru til staðar á þeim ársfjórðungi. Aðrar ytri upplýsingar, svo sem fjöldi erlendra ferðamanna í janúar og febrúar, eru ekki notaðar í spánni. Spániðurstöður eru raktar í töflu 8.

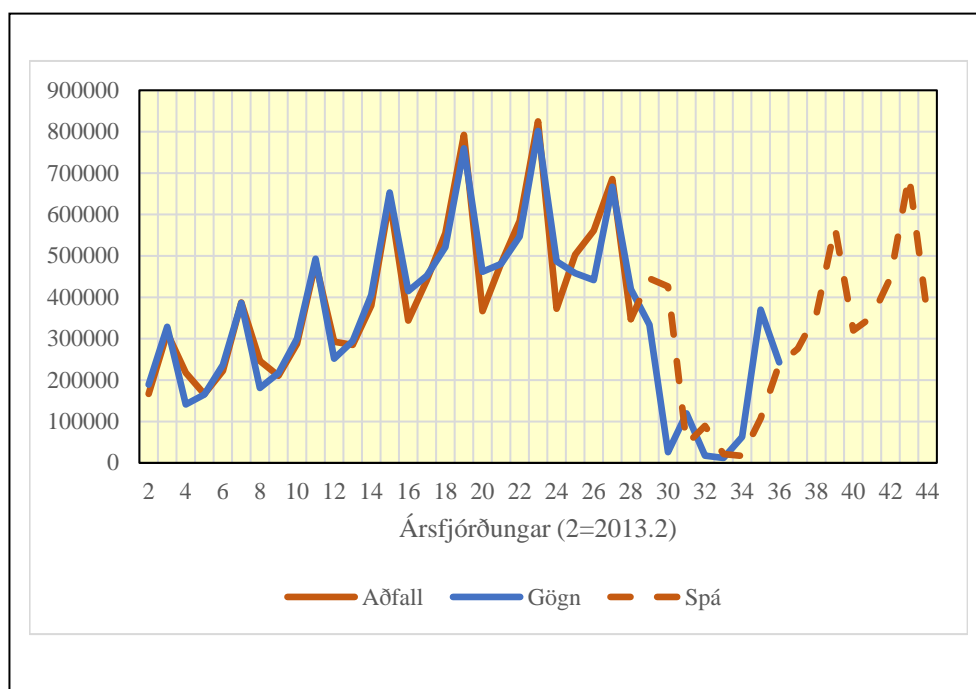
Tafla 8 Ársfjórðungslíkanið: Spá um fjölda erlendra ferðamanna á árunum 2022-23

Tímabil	Spá	95% övissubíl	
		Lægri mörk	Efri mörk
2022.1	275.825	197.566	354.085
2022.2	358.737	258.429	459.046
2022.3	569.422	405.520	733.325
2022.4	319.830	216.591	423.069
<b>Alls 2022</b>	<b>1.523.815</b>	<b>1.078.106</b>	<b>1.969.524</b>
2023.1	352.756	252.669	452.842
2023.2	447.464	322.346	575.582
2023.3	693.684	494.014	893.354
2023.4	353.641	240.216	467.067
<b>Alls 2023</b>	<b>1.847.545</b>	<b>1.309.245</b>	<b>2.385.845</b>

Eins og sjá má er summa ársfjórðungsspánna á árinu 2022 svipuð spá ársspárinnar (hærri um tæpa 60 þús. ferðamenn). Hins vegar er summa ársfjórðungsspánna á árinu 2023 talsvert lægri (um 300 þús.) en spá ársspárinnar.

Ársfjórðungsspánum 2022-2023 í samanburði við reynslutölurnar frá 2013 (2. ársfjórðungur) er nánar lýst í mynd 9.

Mynd 9 Ársfjórðungslegur fjöldi erlendra ferðamanna: Rauntölur og spá



### 3.3 Mánaðarspár 2022

Eins og fjallað hefur verið um hér að framan, þá hefur Covid-19 heimsfaraldurinn haft gríðarleg áhrif á þróun í fjölda ferðamanna til og frá Íslandi. Um er að ræða ytra áfall, sem erfitt er að spá fyrir með þeim aðferðum sem hér eru til umfjöllunar. Af þessum sökum er varhugavert að styðjast við gögn síðustu tveggja ára við spágerðina sérstaklega ef ætla má að viðsnúningur í komum ferðamanna verði hraður sökum eðlis og ástæðu samdráttarins.

Tímaraðalíkon þau sem hér hefur verið fjallað um eru mjög næm fyrir gildi síðustu athugana. Ef við notumst við gögnin sem ná til loka febrúar 2020, þ.e. þegar Covid-19 faraldurinn reið yfir, þá verða niðurstöður um spá ferðamanna eftir mánuðum árið 2022 líkt og sjá má í eftirfarandi töflu:

Tafla 9 Spár um fjölda ferðamanna eftir mánuðum 2022 - niðurstöður ólíkra líkana

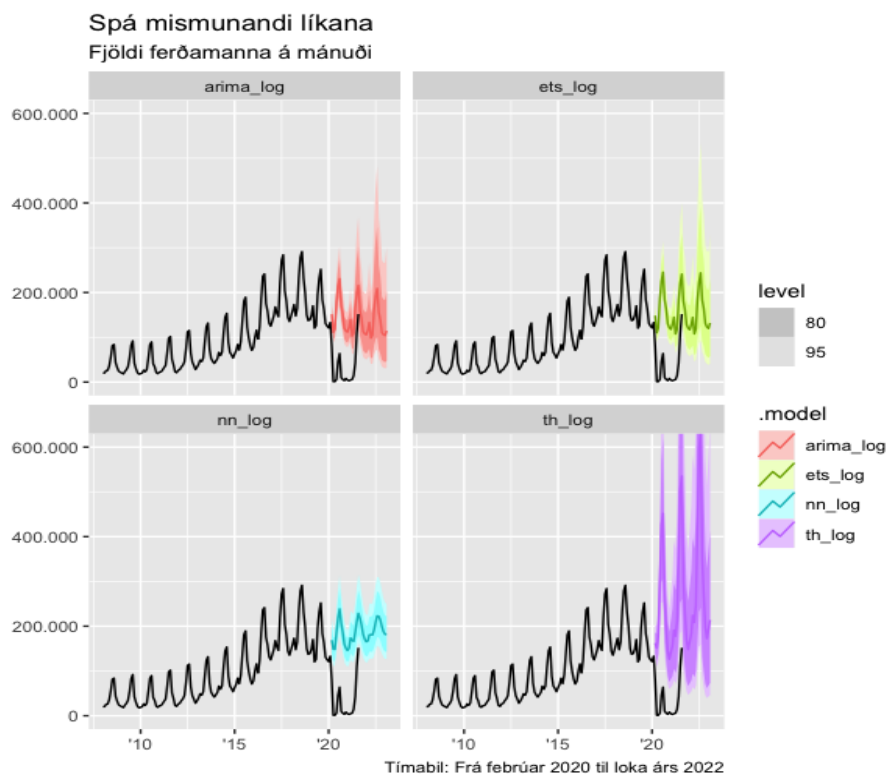
Tímabil	<i>arima</i>	<i>ets</i>	<i>nn</i>	<i>theta</i>
janúar	105.617	116.877	165.255	165.645
febrúar	116.052	128.516	167.151	183.393

mars	133.157	144.499	180.493	224.034
apríl	98.304	107.679	181.141	208.511
maí	104.829	118.591	180.442	246.453
júní	160.564	184.512	191.485	416.475
júlí	192.238	222.375	208.441	594.513
ágúst	209.073	243.689	223.019	630.766
september	155.464	182.969	221.899	351.939
október	138.332	164.296	213.656	268.022
nóvember	110.715	130.823	199.031	197.790
desember	105.794	122.924	187.920	172.513
Alls 2022	1.630.137	1.867.750	2.319.933	3.660.054

Eins og sjá má á töflu 9 munar töluvert miklu milli ólíkra líkana. Tauganetslíkanið sker sig nokkuð frá hinum líkönunum og spáir langflestum ferðamönnum á árinu 2022. Eins og áður hefur verið fjallað um getur verið mjög varhugavert að treysta um of á slíkar niðurstöður, nema góð rök standi til að svo sé gert.

Hér að neðan má sjá myndir er sýna framreikning spánna til loka árs 2022 með 80% og 95% öryggismörkum. Það er mikilvægt að átta sig á að hér er verið að spá eins og Covid-19 faraldurinn hafi aldrei riðið yfir.

Mynd 10 Spá mismunandi líkana um fjölda ferðamanna á mánuði 2022



Hægt er að bera þessar niðurstöður saman við þær spár sem fjallað hefur verið um hér að framan og byggðu á ársögnum og ársfjórðungsgögnum. Ársfjórðungslíkanið spáði að fjöldi ferðamanna árið 2022 yrði ríflega 1,5 milljón. Árslíkanið spáði færri ferðamönnum, eða 1,46 milljónum. Þetta eru lægri tölur en mánaðarlíkönin gefa til kynna, en þó ekki svo langt frá því sem ARIMA líkanið spáir, eða ríflega 1,6 milljónum ferðamanna. Hin líkönin spá mun fleiri ferðamönnum til landsins á árinu 2022. Það má því ætla, nema að annað komi í ljós, að þau ofmeti verulega þann fjölda ferðamanna sem ætla má að komi til landsins á þessu ári, enda byggja þessar spár á gögnum um fjölda ferðamanna áður en Covid-19 skall á.

Tímaraðaspár með mánaðargögnum hafa þann kost að líkönin læra stöðugt með nýjum gögnum. Það er því mikilvægt að endurmeta þau reglulega þegar ný gögn berast og uppfæra þannig spárnar á hverjum tíma. Í nánustu framtíð verður það verklag viðhaft að endurmeta spárnar með slíkum hætti.

#### 4. UMRÆÐA OG NÆSTU SKREF

Þessar niðurstöður er einungis eitt skref í viðamiklu rannsóknarverkefni. Þær veita mikilvægar upplýsingar fyrir framhald spágerðarinnar.

Huga verður sérstaklega að áhrifum Covid-19 faraldursins á forsendur spáa og við túlkun niðurstaðna ólíkra líkana, sérstaklega til skamms tíma litið.

Eins og sjá má er óvissa mikil og fer vaxandi eftir því sem lengra er horft fram í tímann í þeim líkönum sem hér hefur verið fjallað um. Betri skilningur og bönd á óvissuna munu enn bæta spágerðina.

Unnið er að því að treysta spágerð varðandi aðra mikilvæga þætti er snerta umfang ferðapjónustu á Íslandi og þá sérstaklega spár um meðaldvalartíma ferðamanna og meðaleyðslu þeirra hér á landi. Gerðar hafa verið tilraunir með það annars vegar að nýta spániðurstöður um fjölda ferðamanna til að áætla umræddar stærðir og hins vegar að spá þeim með öðrum hætti. Niðurstöður verða birtar þegar nægilega traustur grunnur hefur verið lagður að þeim spám.

## TILVÍSANIR

Assimakopoulos, V. og Nikolopoulos, K. (2000). The theta-model: a decomposition approach to forecasting. *International Journal of Forecasting*, Vol. 16, 521-530.

Athanasopoulos, G., Hyndman, R.J., Song, H., og Wu, D.C. (2010). The tourism forecasting competition. [www.robjhyndman.com](http://www.robjhyndman.com)

Athanasopoulos, G. og A. de Silva (2012). Multivariate exponential smoothing for forecasting tourist arrivals to Australia and New Zealand. *Journal of Travel Research*, 51(5), 640-652.

Chen, C-F., Lai, M-C., og Yeh, C-C. (2012). Forecasting tourism demand based on empirical mode decomposition and neural network. *Knowledge-Based Systems*, Vol. 26, 281-287.

Chung, J.Y. (2009). Seasonality in Tourism: A Review. *e-Review of Tourism*

Dragan, D., A. Keshavarzsaleh, T. Kramberger, Jereb, B., og M. Rosi (2019). Forecasting US Tourists' inflow to Slovenia by modified Holt-Winters Damped model: A case in the Tourism industry logistics and supply chains. *Logistics & Sustainable Transport*, Vol. 10, No1 (June).

European Travel Commission (2021). *Handbook on Tourism Forecasting Methodologies*. A report produced for the European Travel Commission by Inzights & Silverbullet Research, Brussels (February).

Fiorucci, J.A., T.R. Pellegrini, F. Louzada, F. Petropoulos og A.B. Koehler (2016). Models for optimising the theta method and their relations to state space models. *International Journal of Forecasting*, 32, 1151-1161.

Gounopoulos, D., Petmezas, D. og Santamaria, D. (2012). Forecasting Tourist Arrivals in Greece and the Impact of Macroeconomic Shocks from the Countries of Tourists' Origin. *Annals of Tourism Research*, Vol. 39, Issue 2.

Hyndman, R.J., og Billah, B. (2003) Unmasking the Theta method. *International Journal of Forecasting*, 19, 287-290.

Jiao, E.X., og Chen, J.L. (2019). Tourism forecasting: A review of methodological developments over the last decade. *Tourism Economics*, Vol. 25(3), 469-492.

Judge, G, T-C Lee, H. Lutkepohl, C. Hill og W. Griffiths (1985). *The Theory and Practice of Econometrics*. 2nd Edition.

Kulendran, N. og King, M.L. (1997). Forecasting international quarterly tourist flows using error-correction and time-series models. *International Journal of Forecasting*, Vol. 13, 319-327.

Law, R., Li, G., Fong, D.K.C., og Han, X. (2019). Tourism demand forecasting: A deep learning approach. *Annals of Tourism Research*, Vol 75, 410-423.

New Zealand Government (2019). *New Zealand Tourism Forecasts 2019-*

Taskaya-Temizel, T. og Casey, M.C. (2005). A comparative study of autoregressive neural network hybrids. *Neural Networks*, Vol. 18, 781-789.

Taylor, J.W. (2003) Short-term electricity demand forecasting using double seasonal exponential smoothing. *Journal of the Operational Research Society*, 54, 799-805.

Tsaur, C-C. og Kuo, T-C. (2011). The adaptive fuzzy system time series model with an application to Taiwan's tourism demand. *Expert Systems with Applications*, Vol. 38, 9164-9171.

Tucci, M.P. (1995). Time-varying parameters: a critical introduction. *Structural Change and Economic Dynamics*, Vol. 6, 237-260.



## VIÐAUKAR

### Viðauki A Matsgögn fyrir langtímaspá

ár	x	gdp	Raun- gengi
2010	459.252	1.000	5.959
2011	540.824	1.019	5.735
2012	646.921	1.032	5.587
2013	781.016	1.047	5.300
2014	969.181	1.069	4.914
2015	1261.938	1.095	4.696
2016	1767.726	1.114	4.131
2017	2195.271	1.142	3.621
2018	2315.925	1.168	3.664
2019	1986.153	1.187	3.857
2020	478.51	1.129	4.159

### Viðauki B: ARIMA Box-Jenkins

sigma<sup>2</sup> estimated as 164412121: log likelihood = -1643.37, aic = 3292.73

### Viðauki C: ETS

Hér er líkanið með level ( $\alpha = 1$ ), non-additive trend og additive seasonality.<sup>14</sup>

model term	estimate
alpha	0.333
2 beta	0.0272
3 gamma	0.667
4 l[0]	10.5
5 b[0]	-0.00289
6 s[0]	-0.468
7 s[-1]	-0.399
8 s[-2]	-0.0986
9 s[-3]	0.222
10 s[-4]	0.912

---

<sup>14</sup> Sjá [https://afit-r.github.io/ts\\_exp\\_smoothing](https://afit-r.github.io/ts_exp_smoothing)  
<http://freerangestats.info/blog/2016/11/27/ets-friends>  
<https://otexts.com/fpp2/ets-forecasting.html>

11 s[-5]	0.911
12 s[-6]	0.535
13 s[-7]	0.0745
14 s[-8]	-0.270
15 s[-9]	-0.299
16 s[-10]	-0.552
17 s[-11]	-0.566

### Viðauki C: Theta

Alpha er smoothing parameter, b = drift, level = level

model term	estimate
th alpha	1.00
th level	10.3
th drift	0.00775

### Viðauki D: NN

Hér er notast við tauganet-sjálffylgnilíkan, þ.e. líkan þar sem notast er við gildi fortíðar sem viðfang (e. inputs) í tauganet. Nánar tiltekið er um að ræða framvirkt net þar sem notast er við eitt hulið lag (e. hidden layer) og notast er við skrifhátt NNAR( $p, P, k$ ) þar sem eru  $p$  tafir gildi notuð og  $k$  margir punktar í hulið lag. Þegar um er að ræða gögn með árstíðasveiflu þá getur verið skynsamlegt að nota síðasta gildi sömu árstíðar sem 'input', þ.e.  $P$  samkvæmt skrifhættinum. Þannig þýðir NNAR(12,1,1)<sub>12</sub> að notast er við 12 tafir gildi, tafið gildi um 12 tímabil og 1 punkt (e. neurons) í hulda laginu.

Tauganetið notast við ítranir og spár á tíma  $t+i$  byggja á gildi (spáðu)  $t+i-1$ .

Nánar tiltekið er notast við tauganets-sjálffylgnilíkan (e. neural network autogression).<sup>15</sup>

$$NNAR(12,1,1)_{12}$$

Tauganetið notast við ítranir og spár á tíma  $t+i$  byggja á gildi (spáðu)  $t+i-1$ .<sup>16</sup>

### Viðauki E: Val á ARIMA Box-Jenkins líkani

Notast er við KPSS próf til að ákvarða fjölda mismuna (e. differences) í Hyndman-Khandakar algrími og  $p, d$  og  $q$  í ARIMA( $p, d, q$ ) líkani eru valin þannig að AIC lágmarkað, þar sem notast er við skrefaða leit (e. stepwise search). Ítrun er notuð til að finna líkan með lágsta AIC.

<sup>15</sup> Sjá t.d. Taskaya-Temizel og Casey (2005) og Silva og fél. (2018).

<sup>16</sup> <https://otexts.com/fpp2/nnetar.html>

*Viðauki F: Fjöldi gistinátta*

Háð breyta: Fjöldi gistinátta (í lógaritma)

Skýribreyta: Fjöldi ferðamanna (í lógaritma)

Niðurstaða aðhvarfsgreiningar:

	<i>Stuðull</i>	<i>Staðalvilla</i>	<i>t-gildi</i>	<i>p-gildi</i>
fasti	5,82172714	0,44293195	13,1436153	3,53327E-07
fjöldi ferðamanna	0,69671324	0,03228357	21,5810469	4,6367E-09

*Viðauki G: Eyðsla ferðamanna*

Háð breyta: Greiðslukortavelta ferðamanna (í lógaritma)

Skýribreyta: Fjöldi ferðamanna (í lógaritma)

Niðurstaða aðhvarfsgreiningar:

	<i>Stuðull</i>	<i>Staðalvilla</i>	<i>t-gildi</i>	<i>p-gildi</i>
fasti	1,32473124	0,61595741	2,15068643	0,09790617
fjöldi ferðamanna	0,76518439	0,04343943	17,614974	6,1003E-05

ÚTGEFIÐ Í MARS 2022



**Ferðamálastofa**  
Icelandic Tourist Board

Geirsgata 9 • 101 Reykjavík • Iceland • Hafnarstræti 91 • 600 Akureyri • Iceland  
Sími/Tel +354 535 5500 • [upplýsingar@ferdamalastofa.is](mailto:upplýsingar@ferdamalastofa.is)

[www.ferdamalastofa.is](http://www.ferdamalastofa.is)