

(علمی-پژوهشی)

کاهش شیوع ویروس کرونا (کووید-۱۹) در خطوط هوایی با بکارگیری هوش مصنوعی یادگیری تقویتی

در این مقاله با بهره‌گیری از الگوریتم یادگیری کیو و روش مقایسات زوجی، مسئله کمبود تجهیزات پایش سلامت در خطوط هوایی به جهت شناسایی بیماران مبتلا به ویروس کووید-۱۹ مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است. در این پژوهش شرکت هواپیمایی کیش ایر به عنوان مورد مطالعاتی بررسی شده است. در این پژوهش، با بررسی مقاصد پروازی شرکت هواپیمایی کیش ایر در طول مدت زمان اوج همه‌گیری ویروس کووید-۱۹ در بهمن ماه سال ۱۳۹۹ با به کارگیری روش مقایسات زوجی و روش یادگیری، میزان ریسک ابتلا به ویروس برای هر مسیر پروازی سنجیده شده است. از طرف دیگر، نحوه توزیع نیروی انسانی و تجهیزات پایش سلامت در این مقاله مورد بررسی قرار گرفته است. نتیجه مدل‌سازی آماری انجام شده بیانگر ریسک بالاتر ابتلا به ویروس کووید-۱۹ در مقاصد پروازی قرار گرفته در مناطق شهری مرکزی ایران نسبت به سایر مناطق بوده است.

واژه‌های کلیدی: کرونا (کووید-۱۹)، یادگیری تقویتی، یادگیری کیو، مقایسات زوجی

ایمان شفیع‌نژاد^{۱*}، مهیار صادقی^{۲**}،
محمد صیامی عراقی^{۲***} و شراره
قاسمی^{۲****}

۱- پژوهشگاه هوافضا، وزارت علوم تحقیقات و فناوری، تهران، ایران، کدپستی: ۱۴۶۶۵۸۳۴.
۲- دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

* استادیار (نویسنده پاسخگو)، ایمیل:

shafieenejad@ari.ac.ir

** دانشجوی دکتری

*** دانشجوی کارشناسی ارشد

**** دانش‌آموخته دکتری

Reducing the Prevalence of Coronavirus (COVID-19) in Airlines Based on and the Reinforcement Artificial Intelligence

This paper proposes a method based on the artificial intelligence reinforcement Q-learning algorithm and paired comparison technique to solve the problem of health monitoring devices shortage in airlines. In this research, Kish Airline destinations are considered as a case study. By considering the importance of continuing air travel during the covid-19 pandemic, one of the most effective ways for decreasing the risk of COVID-19 infections in air travel is establishing health monitoring stations at the airport gates. In view of the enormous number of airports and airline routes, nationwide coverage of them by health monitoring stations is unimaginable. Therefore, in this paper, artificial intelligence reinforcement Q-learning algorithm functionality in estimating the risk of infecting the COVID-19 virus was considered for the Kish Airline destinations. Furthermore, the optimal policy for the distribution of health monitoring devices is designed based on the computational model.

Keywords: Corona (COVID-19), Reinforcement Learning, Q-learning, Pairwise Comparison

I. Shafieenejad^{1*}, M. Sadeghi^{2**}, M. Siami Araghi^{2***}, and Sh. Ghasemi^{2****}

1- Aerospace Research Institute, Ministry of Science, Research and Technology, Postal Code: 1465774111, Tehran, IRAN

2- Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, IRAN

* Assistant Professor (Corresponding Author): Email:

shafieenejad@ari.ac.ir

** Ph.D. Student

*** M.Sc. Student

**** Ph.D. Holder

(علمی-پژوهشی)

ایمان شفیعی‌نژاد، مهیار صادقی، محمد صیامی عراقی و شراره قاسمی

۱- مقدمه

اولین گزارش دقیق از همه‌گیری ویروس کووید-۱۹ در وهوان استان هوپای چین در ماه دسامبر سال ۲۰۱۹ منتشر شد [۱]. هشت ماه پس از انتشار گزارش، بیش از ۲۳ میلیون نفر در سراسر جهان به ویروس کووید-۱۹ مبتلا شده و ۸۰۰ هزار نفر نیز بر اثر شدت عوارض حاصله از بیماری جان خود را از دست دادند. با توجه به عدم وجود واکسن و داروی موثر برای مقابله با این ویروس انجام اقدامات فوری برای کنترل همه‌گیری امری ضروری است. در بیماری‌های واگیردار مانند کووید-۱۹، سه راه اصلی برای کنترل همه‌گیری در دسترس است. راه اول کنترل نمودن بیماری در مبدأ شیوع است. در این روش به جهت فاصله‌گذاری اجتماعی، کلیه مراکز تجمع عمومی مانند مراکز آموزشی، بازارها و... تعطیل شده و مقررات منع رفت و آمد وضع می‌شوند [۲]. در صورت موفقیت‌آمیز نبودن روش اول و سرعت‌یافتن شیوع بیماری، مقامات محلی با قطع نمودن راه‌های ارتباطی میان شهرهای درگیر با بیماری به وسیله اعلام نمودن وضعیت قرنطینه، از گسترش همه‌گیری در سطح منطقه جلوگیری می‌نمایند [۳، ۴]. در مرحله سوم در صورت از کنترل خارج شدن همه‌گیری، مقامات بهداشتی با متمرکز نمودن نیروهای درمانی بر روی محافظت و درمان گروه‌های سنی آسیب‌پذیر در مقابل بیماری، سعی در کنترل نرخ مرگ و میر خواهند داشت [۵]. قرنطینه کامل شهرها از جمله دشوارترین روش‌های اتخاذ شده به جهت کنترل همه‌گیری ویروس کووید-۱۹ است. قطع نمودن یکباره فعالیت‌های درون و میان شهری می‌تواند موجب مشکلات اجتماعی و اقتصادی گسترده‌ای در شهرهای اعمال قرنطینه شود [۶، ۷]. انتقال کالا و خدمات به وسیله خطوط هوایمایی یکی از مهم‌ترین روش‌های حمل و نقل منطقه‌ای و بین‌المللی است. در زمان قرنطینه شهرها به جهت کنترل گسترش همه‌گیری، مقامات بهداشتی محدودیت‌هایی را به جهت توقف پرواز خطوط هوایی از مبدا شهرهای قرنطینه شده وضع می‌نمایند [۸]. اگر چه اعمال محدودیت‌های کوتاه مدت به جهت متوقف ساختن انتقال مسافران از طریق خطوط هوایمایی می‌تواند موجب کنترل گسترش همه‌گیری شود، اما اعمال طولانی مدت این محدودیت‌ها موجب زیان‌دهی شرکت‌های هوایمایی شده و سرعت انتقال کالا و خدمات را در سطح منطقه‌ای و بین‌المللی به طور چشم‌گیری کاهش می‌دهد [۹]. با مجهز نمودن پایانه‌های پروازی به پایگاه‌های سنجش

سلامت به وسیله مراکز تست سریع کووید-۱۹، دوربین‌های مادون قرمز سنجش دمای بدن و همچنین گند زدایی فضاهای داخلی هوایمیا و محیط فرودگاه‌ها به طور منظم می‌توان از انتقال ویروس کووید-۱۹ به وسیله مسافران به شهرهای مقصد جلوگیری نموده و از تعطیلی کامل خطوط پروازی اجتناب ورزید. با توجه به گستردگی پروازها پوشش کامل تمامی مسیرهای پروازی با توجه به کمبود نیروی انسانی و ابزارهای پایش سلامت امری غیر ممکن است [۱۰، ۱۱].

به جهت یافتن سیاست بهینه توزیع نیروی انسانی و تجهیزات می‌توان از الگوریتم‌های مبتنی بر یادگیری تقویتی^۲ بهره‌گرفت. در الگوریتم‌های یادگیری تقویتی برای تحلیل رفتار مدل‌های دینامیکی پیچیده مانند مدل رفتاری ویروس کووید-۱۹ از شیوه تعامل مستقیم با محیط استفاده می‌شود. این روش الگوریتم سعی بر آن دارد تا به طور مستقیم با محیط تعامل یافته و از طریق تحلیل نتایج به دست آمده از تصمیم‌های پیشین خود میزان کیفیت نتایج انتخاب‌های آینده را بهبود بخشد [۱۲]. بر این اساس از روش مقایسات زوجی^۳ به جهت امتیازبندی اهمیت پارامترهای مرتبط با ریسک ابتلا به ویروس کووید-۱۹ استفاده شده است. همچنین، به جهت امتیازبندی ریسک ابتلا به ویروس کووید-۱۹ براساس میزان شیوع بیماری در شهرهای مبدا و مقصد، از الگوریتم یادگیری کیو^۴ استفاده می‌شود [۱۳].

این مقاله براساس سر فصل‌های زیر ارائه شده است. بخش اول مقدمه‌ای بر اهمیت کاهش همه‌گیری ویروس کووید-۱۹ را بیان می‌دارد. در بخش دوم تأثیر همه‌گیری ویروس کووید-۱۹ بر وضعیت اقتصادی شرکت‌های هوایمایی مورد بررسی قرار گرفته است. در بخش سوم نحوه عملکرد الگوریتم یادگیری کیو در طراحی سیاست توزیع منابع مورد بررسی قرار گرفته شده است. در بخش چهارم به بهره‌گیری از روش مقایسات زوجی، پارامترهای مرتبط با ریسک ابتلا به ویروس کووید-۱۹ امتیازبندی شده و پس از انجام عملیات نرمال‌سازی و امتیازدهی داده‌های آماری، میزان ریسک ابتلا به ویروس کووید-۱۹ براساس مقاصد پروازی شرکت هوایمایی کیش ایر محاسبه شده است. در بخش پنجم به بهره‌گیری از الگوریتم یادگیری کیو، مسیرهای پروازی براساس ریسک ابتلا در شهرهای مبدا و مقصد پرواز امتیازدهی و دسته‌بندی شده و مسیرهای پروازی دارای اولویت به جهت دریافت نیرو و تجهیزات پایش سلامت مشخص شده است. در انتها نیز

4. Reinforcement Q-learning

1. COVID-19
2. Reinforcement Learning
3. Pairwise Comparison

ماه‌های ابتدایی همه‌گیری به طور چشم‌گیری کاهش یافته است. با کاهش تعداد مبتلایان به ویروس کووید-۱۹، در بسیاری از کشورها با توجه به اهمیت حمل و نقل هوایی تصمیم به لغو کامل و یا کاهش مقررات مرتبط با منع مسافرت هوایی گرفته شده است. لغو مقررات سخت‌گیرانه موجب افزایش دوباره اعتماد عمومی نسبت به حمل و نقل هوایی و در نتیجه افزایش تعداد مسافرت‌های هوایی شده است [۱۹].

به جهت استمرار بخشیدن به نرخ نزولی تعداد مبتلایان محاسبه ریسک ابتلا به ویروس کووید-۱۹ براساس میزان شیوع بیماری در مبداء و مقصدهای پروازی امری ضروری است. بر طبق مطالعات انجام شده ریسک ابتلا به ویروس کووید-۱۹ در صورت رعایت پروتکل‌های بهداشتی مانند استفاده از ماسک و مواد ضدعفونی‌کننده در طول پرواز در محدوده ایمن قرار دارد [۲۰]. محاسبه دقیق ریسک ابتلا به ویروس کووید-۱۹ در مبداء و مقصدها و همچنین به روزرسانی دستورالعمل‌های بهداشتی در مسافرت‌های هوایی موجب می‌شود تا شرکت‌های هواپیمایی با جلب اعتماد عمومی تعداد پروازهای هفتگی خود را به سطح قبل از همه‌گیری ویروس کووید-۱۹ نزدیک نمایند.

۳- مدل‌سازی سیاست توزیع بهینه براساس یادگیری کویو

در یادگیری تقویتی عامل یادگیرنده به طور خودکار در هر مرحله با انجام استنباط و کنش با محیط ارتباط برقرار می‌کند. در هر مرحله یادگیرنده با درک نمودن حالت s واقع شده در محیط، کنش a را انتخاب می‌نماید. کنش a موجب ایجاد تغییر در حالت s شده و سیگنال اسکالر r که نمایانگر میزان پاداش در هر مرحله است، را به یادگیرنده ارسال می‌نماید تا کیفیت تصمیم اتخاذ شده در آن مرحله توسط یادگیرنده تحلیل شود (شکل ۱). هدف یادگیرنده در مسائل یادگیری تقویتی، یادگیری سیاست بهینه تصمیم‌گیری برای به حداکثر رساندن جمع پاداش‌های دریافت شده از محیط در مدت زمان حل مسئله است. سیاست $A \rightarrow S$: نمایانگر یک تابع است که در هر مرحله میزان کیفیت تصمیم گرفته شده را به اطلاع یادگیرنده می‌رساند. مسئله یادگیری تقویتی می‌تواند به صورت یک مسئله با تعداد کنش‌ها و حالت‌های محدود در زمان گسسته براساس فرایند یادگیری مارکوف بیان شود.

جمع‌بندی از عملکرد روش ارائه شده در مدل‌سازی میزان ریسک مسافرت به مقاصد پروازی و نحوه توزیع نیروی انسانی به جهت مقابله با گسترش همه‌گیری ویروس کووید-۱۹ در سفرهای هوایی مورد بحث قرار گرفته است.

۲- تأثیر همه‌گیری ویروس کووید-۱۹ بر صنعت هوانوردی

از زمان اعلام همه‌گیری ویروس کووید-۱۹ توسط سازمان بهداشت جهانی و برقراری مقررات منع مسافرت‌های هوایی بین المللی تعداد پروازهای مسافربری به طور چشم‌گیری کاهش یافته که موجب کاهش سرعت انتقال کالا و خدمات در سطح جهانی شده است. از دلایل اصلی کاهش تعداد مسافران خطوط هوایی می‌توان به اعمال شدن قوانین قرنطینه توسط دولت‌ها، اعمال قوانین سخت‌گیرانه فاصله‌گذاری اجتماعی و همچنین گسترش ترس عمومی از قرارگیری در محیط‌های بسته پرجمعیت مانند فضاهای داخلی هواپیما و فرودگاه اشاره نمود. بر مبنای گزارش‌های تهیه شده توسط سازمان‌های ناظر در میانه دنیاگیری ویروس کرونا در سال ۲۰۲۰ در حدود ۴۰ درصد از تعداد مسافران خطوط هوایی کاسته شده و همچنین در بخش پیش فروش بلیط نیز در حدود ۴۷ تا ۵۸ درصد کاهش فروش مشاهده شده است [۱۴، ۱۵]. پیش‌بینی می‌شود با ادامه دنیاگیری ویروس کووید-۱۹ و کاهش چشم‌گیر درآمدها در بخش حمل و نقل هوایی، شاخص تولید ناخالص جهانی بین ۰.۰۲ تا ۰.۱۲ درصد کاهش یابد. این کاهش شاخص می‌تواند در بدترین شرایط به از دست رفتن بیش از ۲۵ تا ۳۵ میلیون واحد شغل در سال ۲۰۲۰ بیانجامد [۱۶]. در دهه‌های گذشته اتفاقات مشابه با همه‌گیری ویروس کووید-۱۹ مانند شیوع بیماری تنفسی سارس در سال ۲۰۰۳ [۱۷] و یا وقوع حوادث ۱۱ سپتامبر در سال ۲۰۰۱ [۱۸] موجب کاهش شدید اقبال عمومی نسبت به استفاده از خطوط هوایی برای مسافرت شده است. کاهش شدید اعتماد عمومی نسبت به امنیت سفرهای هوایی در مقاطع تاریخی ذکر شده شوک‌های اقتصادی بزرگی را به شرکت‌های هواپیمایی وارد نموده است. شرکت‌های هواپیمایی در زمان رویارویی با شوک‌های اقتصادی سعی داشته‌اند تا با مدیریت صحیح بحران خسارت‌های مالی وارد شده به شرکت را جبران نموده و از ورشستگی و شرکت کامل شرکت جلوگیری نمایند.

با اعمال شدید مقررات بهداشتی در کشورهای درگیر با ویروس کووید-۱۹ نرخ ابتلا به ویروس کووید-۱۹ نسبت به

(علمی-پژوهشی)

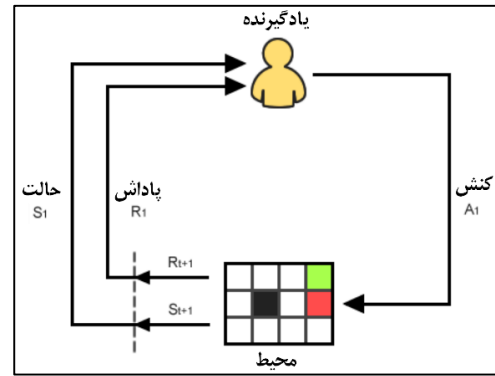
ایمان شفیعی‌نژاد، مهیار صادقی، محمد صیامی عراقی و شراره قاسمی

$$Q^*(s, a) \equiv R(s, a) + \gamma \sum_{s' \in S} T(a, s, s') V^*(s'). \quad (1)$$

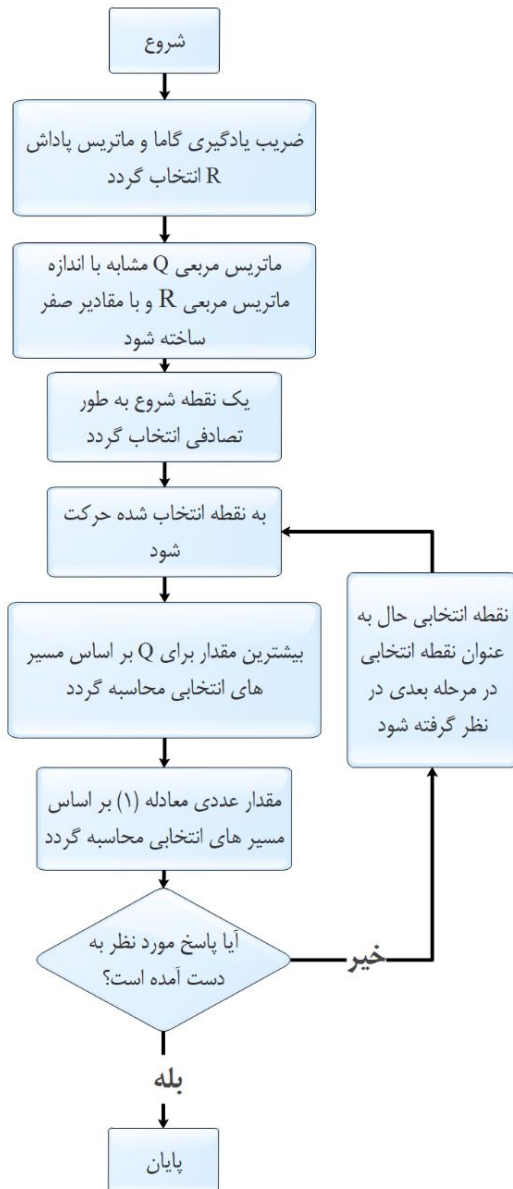
$$Q^*(s, a) \equiv R(s, a) + \gamma \sum_{s' \in S} T(a, s, s') \max_{a'} Q^*(s', a'). \quad (2)$$

$$Q(s(i), a(i)) = R(s(i), a(i)) + \gamma \max_{a'} [Q(s(i+1), a(i+1)) \in [1, N]] \quad (3)$$

در معادله (۳) مرتبه یادگیری و N تعداد مرتبه نهایی تکرار الگوریتم یادگیری است. روال عملکرد الگوریتم یادگیری کیو در شکل ۲ شرح داده شده است.



شکل (۱): ساختار الگوریتم یادگیری تقویتی.



شکل (۲): فلوچارت الگوریتم یادگیری کیو.

فرایند یادگیری مارکو از چهار متغیر اصلی S, A, T و R تشکیل شده است. متغیرهای S و A به ترتیب بیانگر تعداد متناهی حالات و کنش‌های قابل انجام در مسئله می‌باشند. همچنین، متغیر T برابر عبارت $S \times A \rightarrow \Pi(S)$ می‌باشد که تابع انتقال حالت است. در این عبارت $\Pi(S)$ نمایش‌دهنده احتمال توزیع متغیر حالات متناهی یا S است. علاوه بر این، $T(a, s, s')$ نشان‌دهنده احتمال حرکت از حالت s به s' با انجام کنش a است. در انتها متغیر R با عبارت $S \times A \rightarrow \mathcal{R}$ بیان می‌شود که نمایش‌دهنده تابع پاداش اسکالر است.

هدف نهایی یادگیرنده در الگوریتم یادگیری تقویتی آموختن سیاست بهینه $S \rightarrow A$ است که بیانگر نحوه انجام شدن حالت s با انجام پذیرفتن کنش a است. همچنین، متغیر Π نمایش‌دهنده سیاست بهینه است که طی فرایند یادگیری به وسیله تکرار مرحله سعی و خطا توسط یادگیرنده آموخته می‌شود. برای حل مسائل مرتبط با توزیع منابع می‌توان از الگوریتم یادگیری کیو که از جمله پرستفاده‌ترین الگوریتم‌های بر پایه یادگیری تقویتی است، استفاده نمود [۲۱]. الگوریتم یادگیری کیو توسط واتکینز [۲۲] به جهت یادگیری استراتژی Π^* بهینه در مسائلی با متغیرهای شناخته شده R و S معرفی شده است. با در نظر گرفتن $Q^*(s, a)$ به عنوان میزان جایزه کسب شده توسط یادگیرنده برای حالت s و کنش انجام پذیرفته a و همچنین با در نظر گرفتن متغیر γ به عنوان ضریب یادگیری که دارای مقدار عددی بین ۰ تا ۱ بوده و تنظیم‌کننده سیاست اکتشافی الگوریتم است، معادله (۱) تعریف می‌شود. سیاست بهینه Π^* می‌تواند تحت عنوان $\Pi^* \equiv \max Q^*(s, a)$ (معادله (۲))، فرم ساده شده معادله (۲) می‌تواند به صورت معادله (۳) بازنویسی شود که در این معادله R ماتریس مربعی قانون است که چهار چوب رفتارهای مجاز را برای هر زوج حالت-کنش $Q(s, a)$ تعریف می‌نماید.

جدول (۱): تعریف امتیازات توصیفی و عددی در روش مقایسات زوجی.

| امتیاز عددی | امتیاز توصیفی |
|-------------|-----------------------------|
| ۰ | ترجیح داده نشده |
| ۰/۲۵ | تا حدودی ترجیح داده شده |
| ۰/۵ | ترجیح داده شدن به طور مساوی |
| ۰/۷۵ | بسیار ترجیح داده شده |
| ۱ | کاملاً ترجیح داده شده |

پس از امتیازبندی پارامترهای مرتبط با ریسک ابتلا به ویروس کووید-۱۹، مقادیر آماری مرتبط با متغیرهای مورد بررسی برای مقاصد پروازی شرکت هواپیمایی کیش ایر که شامل شهرهای تهران، مشهد، اصفهان، شیراز، یزد، کیش، عسلویه، آبادان و بندرعباس است، در جدول ۳ نمایش داده شده است. مشخصه جمعیت و درصد جمعیت بالای ۵۰ سال براساس اطلاعات منتشر شده در نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن ۱۳۹۵ به دست آمده است [۲۶]. همچنین، آمار مربوط به سرانه تخت فعال به جمعیت در هر استان براساس آخرین اطلاعات منتشر شده توسط وزارت بهداشت درمان و آموزش پزشکی در سال ۱۳۹۶ درج شده است [۲۷]. در این مقاله به جهت محاسبه ریسک ابتلا، مشخصه‌های مجموع تعداد افراد مبتلا شده به ویروس کووید-۱۹ در شهرها، مشخصه‌های مجموع تعداد افراد مبتلا شده و نرخ ابتلا به ویروس کووید-۱۹ در بازه زمانی بهمن ماه ۱۳۹۹ بررسی شده است [۲۸]. همچنین، مشخصه مجموع تعداد پروازهای ورودی و خروجی هواپیمایی کیش ایر در طول بازه زمانی ۱۳۹۹ براساس برنامه زمانی منتشر شده این شرکت هوایی بررسی شده است [۲۹].

داده‌های آماری وابسته به متغیرهای رده‌بندی شده در جدول ۳ نسبت به یکدیگر دارای پراکندگی بوده که موجب دشواری مدلسازی آماری ریسک ابتلا به ویروس کووید-۱۹ در شهرهای مورد بررسی می‌شود. داده‌های آماری در صورتی می‌توانند نسبت به یکدیگر مورد سنجش قرار گیرد که نسب به یک داده و یا جمعیت مشخص شده نرمال شده باشند. بر این اساس انجام عملیات نرمال‌سازی داده‌ها نسبت به یک متغیر مشخص سبب می‌شود تا داده‌ها آماری ارائه شده برای گروه‌های مختلف نسبت به یکدیگر قابل سنجش شوند. این مهم با انتقال دادن داده‌ها به فرمت نمره-زد امکان پذیر است [۳۰]. در روش نرمال‌سازی نمره-زد داده‌های آماری براساس اختلاف هر داده نسبت به میانگین استاندارد و براساس بازه عددی ۰ تا ۱ نرمال می‌شوند. به جهت وزن‌دهی، داده‌های آماری جدول ۳ براساس

۴- امتیازبندی متغیرهای آماری براساس روش مقایسات زوجی

رده‌بندی متغیرهای آماری براساس میزان اهمیت از جمله موضوعات مهم در مدل‌سازی‌های آماری است. تصمیم‌گیری برای تعیین میزان اهمیت هر یک از پارامترها در زمانی که رابطه میان متغیرهای تابع هر پارامتر نسبت به یکدیگر غیر شفاف باشد فرایندی دشوار و زمانبر است. برای رده‌بندی میزان اهمیت متغیرهای آماری نسبت به یکدیگر روش‌های تصمیم‌گیری براساس نوع داده، تعداد متغیرهای وابسته و میزان اطلاعات ارائه شده برای هر متغیر تدوین و ارائه شده است. روش‌های تصمیم‌گیری برای رده‌بندی متغیرها براساس ساختار متغیر شامل روش‌های دسته‌بندی قطعی، دسته‌بندی تصادفی^۲ و تصمیم‌گیری چند حالتی است [۲۳].

در این مقاله به جهت امتیازدهی به متغیرهای وابسته به میزان ریسک ابتلا به ویروس کووید-۱۹ از روش مقایسات زوجی استفاده شده است. روش مقایسات زوجی از جمله روش‌های تصمیم‌گیری چند حالتی است که به جهت امتیازدهی و رده‌بندی اعضای مرتبط به یک دسته در موضوعات مختلف مانند انتخاب بهترین بازیکن در رشته‌های ورزشی استفاده می‌شود [۲۴]. در روش مقایسات زوجی پارامترهای مورد بررسی مانند (جمعیت، درصد جمعیت بالای ۵۰ سال، نرخ ابتلا به ویروس کووید-۱۹ و غیره) دو به دو نسبت به یکدیگر سنجیده می‌شوند، در حالتی که عضو α با احتمال $M_{ij} = (0,1)$ بر عضو β برتری دارد. میزان اهمیت هر یک از پارامترها نسبت به دیگری براساس (جدول ۱) تعیین و امتیازدهی می‌شود [۲۵]. خروجی روش مقایسات زوجی از منظر آماری متغیری تصادفی و غیر مستقل در نظر گرفته می‌شود. نحوه طبقه‌بندی اعضا براساس امتیاز غیر قابل پیش‌بینی τ_i که احتمال برنده شده عضو α بر عضو انتخابی مقایسه شونده β است به صورت معادله (۴) تعریف می‌شود. به جهت مشخص نمودن میزان اهمیت هر یک از متغیرهای انتخابی، ابتدا با بهره‌گیری از روش مقایسات زوجی ضریب تأثیر هر یک از پارامترهای انتخابی براساس جدول ۱ و معادله (۲) به دست آمده و نتایج در جدول ۲ نمایش داده شده است.

$$\tau_i := \frac{1}{n-1} \sum_{j \neq i} M_{ij}. \quad (4)$$

3. Z-score

1. Deterministic
2. Stochastic

(علمی-پژوهشی)

ایمان شفیعی نژاد، مهیار صادقی، محمد صیامی عراقی و شراره قاسمی

امتیازات دسته‌بندی شده در جدول ۲ و براساس معادله (۵) در بازه عددی ۰ و ۱ نرمال شده‌اند. نمایان‌گر بازه آماری و انحراف معیار استاندارد و x_s مقدار نرمال S و r پارامترهای S و r در معادله (۵)، x مقدار عددی ورودی و پارامترهای S و r در معادله (۵) و ۱ نرمال شده‌اند.

$$x_s = \frac{x - r}{s} \quad (5)$$

جدول ۴ نمایش داده شده‌اند.

جدول (۲): امتیازبندی پارامترهای مرتبط با ریسک ابتلا به ویروس کووید-۱۹.

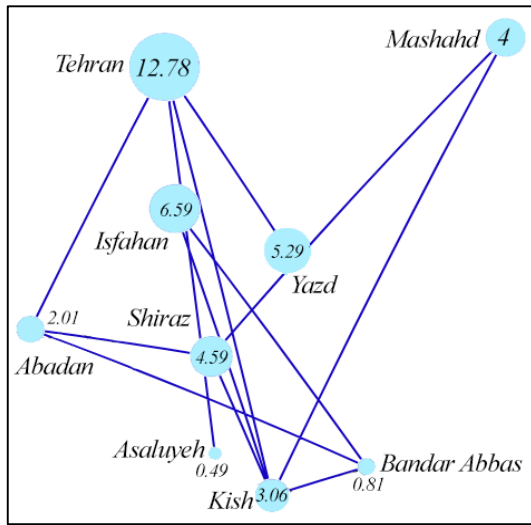
| جمع امتیازات | مجموع تعداد پروازهای ورودی و خروجی | سرنه تخت فعال به جمعیت براساس استان | مجموع تعداد افراد مبتلا شده | نرخ ابتلا به ویروس کووید-۱۹ | در صد جمعیت بالای ۵۰ سال | جمعیت | جمعیت |
|--------------|------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------|-------|-------------------------------------|
| ۱/۷۵ | ۰/۵ | ۰/۲۵ | ۰/۲۵ | ۰/۵ | ۰/۲۵ | — | جمعیت |
| ۳ | ۰ | ۰/۵ | ۱ | ۰/۷۵ | — | ۰/۷۵ | در صد جمعیت بالای ۵۰ سال |
| ۲ | ۰/۵ | ۰/۲۵ | ۰/۵ | — | ۰/۲۵ | ۰/۵ | نرخ ابتلا به ویروس کووید-۱۹ |
| ۲/۲۵ | ۰/۵ | ۰/۵ | — | ۰/۵ | ۰ | ۰/۷۵ | مجموع تعداد افراد مبتلا شده |
| ۳ | ۰/۵ | — | ۰/۵ | ۰/۷۵ | ۰/۵ | ۰/۷۵ | سرنه تخت فعال به جمعیت براساس استان |
| ۳ | — | ۰/۵ | ۰/۵ | ۰/۵ | ۱ | ۰/۵ | مجموع تعداد پروازهای ورودی و خروجی |

جدول (۳): مقادیر آماری متغیرهای مورد بررسی براساس مقاصد پروازی شرکت هواپیمایی کیش ایر.

| شهر | جمعیت | درصد جمعیت بالای ۵۰ سال | نرخ ابتلا به ویروس کووید-۱۹ | مجموع تعداد افراد مبتلا شده | سرنه تخت فعال به جمعیت در استان | مجموع تعداد پروازهای ورودی و خروجی |
|-----------|-----------|-------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| تهران | ۷۰۶,۶۹۳,۸ | ۱۹/۳ | ۱۶۹/۹۳ | ۵۰۹۸ | ۲/۰۸ | ۲۶ |
| مشهد | ۳,۰۰۱,۱۸۴ | ۱۵/۹ | ۱۹/۵ | ۸۵۸ | ۱/۵ | ۱۲ |
| اصفهان | ۱,۹۶۱,۲۶۰ | ۱۹/۵ | ۶۵/۹۶ | ۱۹۷۹ | ۱/۵۶ | ۱۴ |
| شیراز | ۱,۵۶۵,۵۷۲ | ۱۷/۶ | ۱۶/۸۳ | ۵۰۵ | ۱/۸ | ۸ |
| یزد | ۵۲۹,۶۷۳ | ۱۶/۱ | ۲۴/۱۶ | ۷۲۵ | ۲/۴۸ | ۴ |
| بندر عباس | ۵۲۶,۶۴۸ | ۱۱/۸ | ۴/۹۳ | ۱۴۸ | ۱/۲۳ | ۱۲ |
| آبادان | ۲۳۱,۴۷۶ | ۱۳/۸ | ۱۴/۸ | ۴۴۴ | ۱/۵۶ | ۶ |
| عسلویه | ۷۳,۹۵۸ | ۱۲/۹ | ۱/۸۳ | ۵۵ | ۱/۲۲ | ۴ |
| کیش | ۳۹,۸۵۳ | ۱۱/۸ | ۴/۹۳ | ۱۴۸ | ۱/۲۳ | ۴۰ |

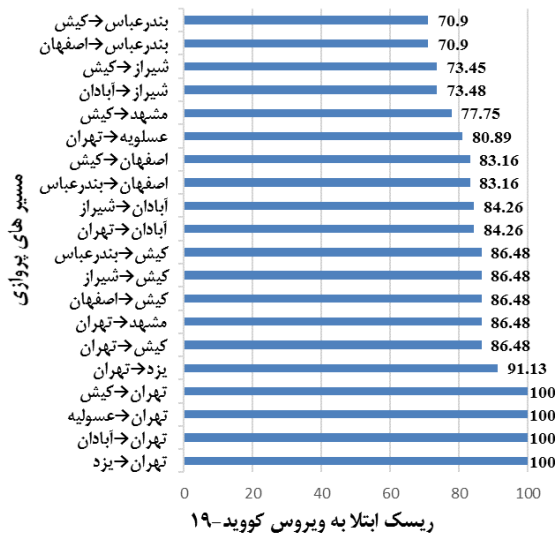
جدول (۴): مقادیر آماری نرمال و وزن دهی شده براساس مقاصد پروازی شرکت هواپیمایی کیش ایر

| شهر | جمعیت | درصد جمعیت بالای ۵۰ سال | نرخ ابتلا به ویروس کووید-۱۹ | مجموع تعداد افراد مبتلا شده | سرنه تخت فعال به جمعیت براساس استان | مجموع تعداد پروازهای ورودی و خروجی | جمع امتیاز |
|-----------|-------|-------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|------------|
| تهران | ۱/۷۸ | ۲/۹۱ | ۲ | ۲/۲۵ | ۲/۰۴ | ۱/۸۳ | ۱۲/۷۸ |
| مشهد | ۰/۵۹ | ۱/۵۹ | ۰/۲ | ۰/۳۳ | ۰/۶۶ | ۰/۶۶ | ۴ |
| اصفهان | ۰/۳۸ | ۳ | ۰/۷۶ | ۰/۸۵ | ۰/۷۸ | ۰/۸۱ | ۶/۵۹ |
| شیراز | ۰/۲۹ | ۲/۲۵ | ۰/۱۶ | ۰/۱۸ | ۱/۳۸ | ۰/۳۳ | ۴/۵۹ |
| یزد | ۰/۰۸ | ۱/۶۵ | ۰/۲۶ | ۰/۲۹ | ۳ | ۰ | ۵/۲۹ |
| بندر عباس | ۰/۰۸ | ۰ | ۰/۰۲ | ۰/۰۲ | ۰/۰۲۱ | ۰/۶۶ | ۰/۸۱ |
| آبادان | ۰/۰۳ | ۰/۷۵ | ۰/۱۴ | ۰/۱۵ | ۰/۷۸ | ۰/۱۵ | ۲/۰۱ |
| عسلویه | ۰/۰۰۵ | ۰/۴۲ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰/۴۲ |
| کیش | ۰ | ۰ | ۰/۰۲ | ۰/۰۲ | ۰/۰۲ | ۳ | ۳/۰۶ |



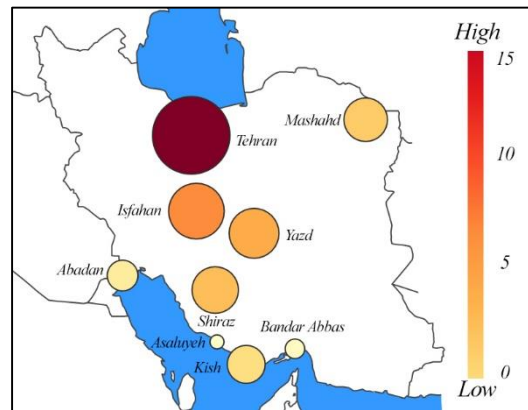
شکل (۵): مدل گراف دو بعدی مسیرهای پروازی شرکت هواپیمایی کیش ایر.

در الگوریتم یادگیری کیو میزان ریسک ابتلا به ویروس کووید-۱۹ در مسیرهای پروازی با در نظر گرفتن شدت همه‌گیری در شهرهای مبدا و مقصد سنجیده می‌شود. با طی شدن فرآیند حل مسئله توسط یادگیرنده و آموخته شدن سیاست بهینه $\Pi^*: S \rightarrow A$ امتیاز ریسک سفر برای هر مسیر پروازی به طور جداگانه به دست آورده می‌شود. به جهت یکسان‌سازی امتیازات به دست آمده از الگوریتم یادگیری کیو، امتیازات به دست آمده از طریق روش امتیاز-زد در بازه عددی ۰ تا ۱۰۰ نرمال‌سازی شده است. میزان ریسک ابتلا به ویروس کووید-۱۹ پس از رده‌بندی در شکل ۶ نمایش داده شده است.



شکل (۶): میزان ریسک ابتلا به ویروس کووید-۱۹ براساس مسیرهای پروازی شرکت هواپیمایی کیش ایر.

براساس جدول ۴ می‌توان نتیجه‌گیری نمود که در طول دوره پیک همه‌گیری ویروس کووید-۱۹ در بهمن ماه سال ۹۸ در کشور ایران [۳۱]، استان تهران دارای بیشترین ریسک آلودگی و شهرستان عسلویه دارای کم‌ترین ریسک آلودگی به ویروس کووید-۱۹ بوده است. میزان ریسک ابتلا به ویروس کووید-۱۹ در بازه عددی ۰ تا ۱۵ برای شهرهای مورد بررسی در شکل ۳ نمایش داده شده است.



شکل (۳): نقشه میزان ریسک ابتلا به ویروس کووید-۱۹ در مقاصد پروازی شرکت هواپیمایی کیش ایر.

۵- نتیجه‌گیری

به جهت مدل‌سازی ریسک ابتلا به ویروس کووید-۱۹ براساس مسیرهای پروازی شرکت هواپیمایی کیش ایر، ابتدا مسیرهای پروازی بر روی نقشه مشخص شده‌اند (شکل ۴). به جهت تبدیل نقشه پروازی به مدل ریاضی با قابلیت به کارگیری در الگوریتم یادگیری کیو، مسیرهای پروازی به مدل گراف دو بعدی تبدیل شده است (شکل ۵). در این مدل راس‌های گراف معرف شهرها و یال‌ها نمایانگر مسیرهای پروازی رفت و برگشت میان شهرها است.



شکل (۴): نقشه مسیرهای پروازی شرکت هواپیمایی کیش ایر.

(علمی-پژوهشی)

ایمان شفیعی نژاد، مهیار صادقی، محمد صیامی عراقی و شراره قاسمی

۵- نتیجه گیری

در این مقاله نحوه عملکرد الگوریتم یادگیری کیو و روش مقایسات زوجی در محاسبه ریسک ابتلا به ویروس کووید-۱۹ برای مسافران و خدمه پرواز در مسیرهای پروازی شرکت هواپیمایی کیش ایر مورد بررسی قرار گرفت. براساس نتایج به دست آمده مسیرهای پروازی شرکت هواپیمایی کیش ایر به لحاظ ریسک ابتلا به ویروس کووید-۱۹ در سه دسته مسیرهای قرمز، زرد و سبز ارائه شده است. بر این اساس در مسیرهای پروازی قرار گرفته در دسته بندی قرمز و زرد ریسک ابتلا مسافران و خدمه پروازی به ویروس کووید-۱۹ در سطح بالایی است. با توجه به ریسک بالای ابتلا مسافران به ویروس کووید-۱۹ در شهرهای مبدا قرار گرفته در دسته بندی های قرمز و زرد، اختصاص نیرو و تجهیزات پایش سلامت در فرودگاه های مبدا به جهت پایش کامل سلامت مسافران از طریق کنترل علائم بالینی مانند سنجش تب امری ضروری است. با در نظر گرفتن ریسک بالای ابتلا به ویروس کووید-۱۹ در مقاصد پروازی قرار گرفته در دسته قرمز و زرد آموزش دستورالعمل های بهداشتی به کادر پرواز به جهت محافظت از خود در برابر ویروس کووید-۱۹ می بایست مورد توجه قرار گیرد. سلامت کادر پرواز در طول مسافرت های هوایی موجب جلوگیری از گسترش ویروس کووید-۱۹ در میان پرسنل شرکت های هواپیمایی خواهد شد. همچنین، به جهت حفاظت از مسافران در مقاصد پروازی پر ریسک اجرای دقیق پروتکل ها بهداشتی و فاصله گذاری اجتماعی در محیط فرودگاه می تواند به کاهش ریسک انتقال بیماری در میان مسافران کمک نماید. آموزش فرهنگ صحیح مسافرت در زمان همه گیری ویروس کووید-۱۹ به مسافران و کادر پرواز می تواند به افزایش تعداد مسافرت های هوایی کمک نموده و از وارد شدن صدمات اقتصادی به شرکت های هواپیمایی جلوگیری نماید.

براساس امتیازات نمایش داده شده در شکل ۶ به جهت مشخص نمودن سیاست توزیع نیروی انسانی و تجهیزات پایش سلامت در مسیرهای پروازی شرکت هواپیمایی کیش ایر مسیرهای پروازی این شرکت در سه دسته قرمز، زرد و سبز دسته بندی شده است (جدول ۵). دسته بندی سبز شامل مسیرهای پروازی قرار گرفته در بازه ریسک ۷۰,۹ تا ۸۰,۶ می باشد. همچنین، دسته مسیرهای قرار گرفته در گروه زرد شامل مسیرهای پروازی در بازه ی ریسک ۸۰,۶ تا ۹۰,۳ می باشد. در نهایت مسیرهای پروازی قرار گرفته در دسته قرمز در بازه ی ریسک ۹۰,۳ تا ۱۰۰ قرار دارند. این دسته بندی تعیین کننده مسیرهای پروازی دارای اولویت به جهت دریافت نیرو و تجهیزات پایش سلامت است. بر این اساس مسیرهای پروازی قرار گرفته در دسته بندی قرمز و زرد می بایست در اولویت دریافت نیرو و تجهیزات پایش سلامت قرار گیرند.

جدول (۵): دسته بندی مسیرهای پروازی براساس ریسک ابتلا به ویروس کووید-۱۹

| مسیرهای سبز | مسیرهای پروازی زرد | مسیرهای پروازی قرمز |
|-------------------|--------------------|---------------------|
| مشهد → کیش | کیش → تهران | تهران → یزد |
| شیراز → آبادان | مشهد → تهران | تهران → آبادان |
| شیراز → کیش | کیش → اصفهان | تهران → عسولیه |
| بندرعباس → اصفهان | کیش → شیراز | تهران → کیش |
| بندرعباس → کیش | کیش → بندرعباس | یزد → تهران |
| - | آبادان → تهران | - |
| - | آبادان → شیراز | - |
| - | اصفهان → بندرعباس | - |
| - | اصفهان → کیش | - |
| - | عسولیه → تهران | - |

۶- مراجع

- [1] C. Huang *et al.*, "Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China," *The lancet*, vol. 395, no. 10223, pp. 497-506, 2020.
- [2] T. Hale, N. Angrist, B. Kira, A. Petherick, T. Phillips, and S. Webster, "Variation in government responses to COVID-19," *Work. Pap*, 2020.
- [3] C. Hou *et al.*, "The effectiveness of quarantine of Wuhan city against the Corona Virus Disease 2019 (COVID-19): A well-mixed SEIR model analysis," *ournal of medical virology*, vol. 92, no. 7, pp. 841-848, ۲۰۲۰.
- [4] D. Rodríguez-Urrego and L. Rodríguez-Urrego, "Air quality during the COVID-19: PM2. 5 analysis in the 50 most polluted capital cities in the world," *Environmental Pollution*, vol. 266, p. 115042, 2020.
- [5] R. E. Jordan, P. Adab, and K. Cheng, "Covid-19: risk factors for severe disease and death," vol. 368, ed. Bmj: British Medical Journal Publishing Group, 2020.
- [6] M. Casagrande, F. Favieri, R. Tambelli, and G. Forte, "The enemy who sealed the world: effects quarantine due to the COVID-19 on sleep quality, anxiety, and psychological distress in the Italian population," *Sleep medicine*, vol. 75, pp. 12-20, 2020.
- [7] B. N. Ashraf, "Economic impact of government interventions during the COVID-19 pandemic: International evidence from financial markets," *Journal of behavioral experimental finance*, vol. 27, p. 100371, 2020.
- [8] M. Chinazzi *et al.*, "The effect of travel restrictions on the spread of the 2019 novel coronavirus (COVID-19) outbreak," *Science*, vol. 368, no. 6489, pp. 395-400, 2020.
- [9] S. Gössling, D. Scott, and C. M. Hall, "Pandemics, tourism and global change: a rapid assessment of COVID-19," *Journal of sustainable tourism*, vol. 29, no. 1, pp. 1-20, 2020.
- [10] M. L. Ranney, V. Griffeth, and A. K. Jha, "Critical supply shortages—the need for ventilators and personal protective equipment during the Covid-19 pandemic," *New England Journal of Medicine*, vol. 382, no. 18, p. e41, 2020.
- [11] C. Beetz *et al.*, "Rapid large-scale COVID-19 testing during shortages," *Diagnostics*, vol. 10, no. 7, p. ۴۶۴, ۲۰۲۰.
- [12] D. Lee, H. Seo, and M. W. Jung, "Neural basis of reinforcement learning and decision making," *Annual review of neuroscience*, vol. 35, p. 287, 2012.
- [13] I. Shafieenejad, S. Ghasemi, and M. Siami, "COVID-19 Infection Risk Index Estimation in Flight Destinations (case study: Kish Air destinations)," *International Journal of Reliability, Risk Safety: Theory Application*, vol. 3, no. 2, pp. 63-70, 2020.
- [14] "Airports Council International Advisory Bulletin: The Impact of COVID- 19 on the Airport Business. Montreal, Canada: Airports Council International; 2020.."
- [15] S. M. Iacus, F. Natale, C. Santamaria, S. Spyrtatos, and M. Vespe, "Estimating and projecting air passenger traffic during the COVID-19 coronavirus outbreak and its socio-economic impact," *Safety Science*, vol. 129, p. 104791, 2020.
- [16] J. P. Bartkowski, X. Xu, and M. L. Levin, "Religion and child development: Evidence from the early childhood longitudinal study," *Social science research*, vol. 37, no. 1, pp. 18-36, 2008.
- [17] D. Gillen and A. Lall, "International transmission of shocks in the airline industry," *Journal of Air Transport Management*, vol. 9, no. 1, pp. 37-49, 2003.
- [18] E. Loh, "The impact of SARS on the performance and risk profile of airline stocks," *The Impact of SARS on the Performance Risk Profile of Airline Stocks*, pp. 1000-1022, 2006.
- [19] L. Zhang, H. Yang, K. Wang, Y. Zhan, and L. Bian, "Measuring imported case risk of COVID-19 from inbound international flights--A case study on China," *Journal of Air Transport Management*, vol. 89, p. 101918, 2020.
- [20] J. Chen *et al.*, "Potential transmission of SARS-CoV-2 on a flight from Singapore to Hangzhou, China: an epidemiological investigation," *Travel medicine infectious disease*, vol. 36, p. 101816, 2020.
- [21] E. Foruzan, L.-K. Soh, and S. Asgarpour, "Reinforcement learning approach for optimal distributed energy management in a microgrid," *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 33, no. 5, pp. 5749-5758, 2018.
- [22] C. Watkins, "Learning from delayed rewards," PhD thesis, University of Cambridge, 1989.
- [23] C.-H. Yeh, H. Deng, and H. Pan, "Multi-criteria analysis for dredger dispatching under uncertainty," *Journal of the Operational Research Society*, vol. 50, no. 1, pp. 35-43, 1999.
- [24] F. Wauthier, M. Jordan, and N. Jovic, "Efficient ranking from pairwise comparisons," in *International Conference on Machine Learning*, 2013, pp. 109-117: PMLR.
- [25] K. J. Arrow, *Social choice and individual values*. Yale university press, 2012.

- [26] *National portal of statistics*. Available: <https://www.amar.org.ir>, 1395
- [27] *Vice President of Treatment*. Available: http://td.lums.ac.ir/parameters/lums/modules/cdk/upload/content/portal_content/File/darman/madarek%20pezeshki/avab.pdf, 1396
- [28] *Introduction of National SDI*. Available: <https://iransdi.ir/layersf/Corona>, 1399
- [29] *Flight Schedule*. Available: <https://kishairlines.ir/flight-schedule>, 1399
- [30] A. Jain, K. Nandakumar, and A. Ross, "Score normalization in multimodal biometric systems," *Pattern recognition*, vol. 38 ,no. 12, pp. 2270-2285, 2005.
- [31] M. Aghaali, G. Kolifarhood, R. Nikbakht, H. M. Saadati, and S. S. Hashemi Nazari, "Estimation of the serial interval and basic reproduction number of COVID-19 in Qom, Iran, and three other countries: A data-driven analysis in the early phase of the outbreak," *Transboundary emerging diseases*, vol. 67, no. 6, pp. 2860-2868, 2020.