Archive of SID.ir

Iranian Journal of Diabetes and Metabolism *Original Article*

Official Journal of the Endocrinology and Metabolism Research Institute, Tehran University of Medical Sciences. 2025; Vol. 25; No. 5

Predicting the Trajectory of Type 2 Diabetes Using a Hybrid Cellular Learning Automata and SIR Model: A Real-World Data Approach

Mostafa Kashani[1]*, Sedigheh Barzehkar[2]

1. Department of Health Information Technology, Sirjan School of Medical Sciences, Sirjan, Iran
2. Department of Medicine, Sirjan School of Medical Sciences, Sirjan, Iran

Abstract

Background: Type 2 diabetes is a major public-health threat of the present century, imposing substantial clinical and economic burdens on health systems. Accurate forecasting of disease incidence can support resource allocation and the design of targeted interventions.
Methods: In this study, we developed a hybrid model that integrates Cellular Learning Automata (CLA) with a Susceptible–Infected–Recovered (SIR) framework to predict the 20-year spread of type 2 diabetes using real patient data from Kerman province. The dataset comprised demographic and laboratory features of patients with diabetes collected during the Persian calendar years 2005– 2013. After preprocessing and imputation of missing values, the proposed model was implemented in MATLAB.
Results: Results indicate that the CLA-SIR combination models the disease trajectory with high accuracy. Moreover, factors such as blood pressure, cholesterol, and body mass index were identified as key drivers influencing the activation states of model cells.
Conclusion: These findings suggest that intelligent hybrid approaches can be effective for health-data analysis and long-term prediction of chronic diseases.

Keywords: Type 2 Diabetes, Predictive Modeling, Cellular Learning Automata (CLA), Susceptible-Infected-Recovered (SIR) Model, Health Data Mining

Please cite this article as:
Kashani M, Barzehkar S. Predicting the Trajectory of Type 2 Diabetes Using a Hybrid Learning Cellular Automata and SIR Model: A Real-World Data Approach. *ijdld*. 2025; 25(5):424-432.
DOI: 10.18502/ijdl.v25i5.20339

*Corresponding Author Mostafa Kashani; **Email:** mostafa.kashani@sirums.ac.ir
Sirjan, Seyed Jamal al-Din Asadabadi Blvd., Next to Traffic Park, Sirjan University of Medical Sciences, Postal code: 7816916338, Tel: 09132458607

Copyright © 2025 Iranian Journal of Diabetes and Metabolism and Tehran University of Medical Sciences. Published by Tehran University of Medical Sciences.
[This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

[Downloaded from ijdld.tums.ac.ir on 2026-01-06]

[DOI: 10.18502/ijdl.v25i5.20339]

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

مجله دیابت و متابولیسم ایران

مقاله پژوهشی

نشریه پژوهشگاه علوم غدد و متابولیسم دانشگاه علوم پزشکی تهران

دورهٔ ۲۵، شمارهٔ ۵، سال ۱۴۰۴، صفحات ۴۲۴ تا ۴۳۲

پیش‌بینی روند شیوع دیابت نوع دوم با استفاده از مدل ترکیبی اتوماتای سلولی یادگیر و الگوریتم مدل رتبه‌بندی برتری و فروتری: رویکردی مبتنی بر داده‌های واقعی

مصطفی کاشانی*[۱]، صدیقه برزه‌کار[۲]

۱- گروه فناوری اطلاعات سلامت، دانشکدهٔ علوم پزشکی سیرجان، سیرجان، ایران

۲- گروه پزشکی، دانشکدهٔ علوم پزشکی سیرجان، سیرجان، ایران

چکیده

مقدمه: دیابت نوع دو یکی از تهدیدات جدی برای سلامت عمومی در قرن حاضر است و هزینه‌های اقتصادی و درمانی قابل‌توجهی را بر نظام‌های سلامت تحمیل می‌کند. پیش‌بینی دقیق روند ابتلا به دیابت می‌تواند نقش مؤثری در مدیریت منابع و طراحی برنامه‌های مداخله‌ای ایفا کند.

روش‌ها: در این مطالعه، یک مدل ترکیبی مبتنی بر اتوماتای سلولی یادگیر (CLA) و الگوریتم رتبه‌بندی برتری و فروتری (SIR) توسعه داده شده است تا با بهره‌گیری از داده‌های بیماران دیابتی واقعی در استان کرمان، روند گسترش بیماری در افق ۲۰ساله آتی پیش‌بینی شود. داده‌های مورداستفاده شامل ویژگی‌های دموگرافیک و آزمایشگاهی بیماران دیابتی طی سال‌های ۱۳۸۳ تا ۱۳۹۱ بوده است. پس از پیش‌پردازش داده‌ها و حذف مقادیر گمشده، مدل پیشنهادی در نرم‌افزار MATLAB پیاده‌سازی شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که ترکیب مدل CLA و SIR توانسته است بادقت بالایی روند شیوع بیماری را مدل‌سازی کند. همچنین، فاکتورهایی نظیر فشارخون، کلسترول و شاخص توده بدنی به‌عنوان عوامل مؤثر کلیدی در روشن‌شدن سلول‌های مدل شناسایی شدند.

نتیجه‌گیری: یافته‌ها بیانگر آن است که استفاده از رویکردهای هوشمند می‌تواند در تحلیل داده‌های سلامت و پیش‌بینی بیماری‌های مزمن مؤثر باشد.

واژگان کلیدی: دیابت نوع دو، مدل‌سازی پیش‌بینانه، اتوماتای سلولی یادگیر (CLA)، الگوریتم SIR، داده‌کاوی سلامت

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۱/۱۶ **تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۴/۰۷/۰۲

به این مقاله، به صورت زیر استناد کنید:

Kashani M, Barzehkar S. Predicting the Trajectory of Type 2 Diabetes Using a Hybrid Learning Cellular Automata and SIR Model: A Real-World Data Approach. *ijdld*. 2025; 25(5):424-432.

* ***نویسندهٔ مسئول:*** مصطفی کاشانی، **آدرس:** سیرجان، بلوار سید جمال الدین اسد آبادی، جنب پارک ترافیک، دانشگاه علوم پزشکی سیرجان.

کُد پستی: ۷۸۱۶۹۱۶۳۳۸، تلفن: ۰۹۱۳۲۴۵۸۶۰۷، پست الکترونیک: mostafa.kashani@sirums.ac.ir

Archive of SID.ir

[Downloaded from ijdld.tums.ac.ir on 2026-01-06]

[DOI: 10.18502/ijdl.v25i5.20339]

Archive of SID.ir

مقدمه

دیابت نوع دو به‌عنوان یکی از شایع‌ترین بیماری‌های غیرواگیر مزمن، چالشی جدی برای نظام‌های سلامت در سطح جهانی محسوب می‌شود. [۱] براساس گزارش فدراسیون بین‌المللی دیابت، تا سال ۲۰۴۵ تعداد افراد مبتلا به دیابت در جهان به بیش از ۷۰۰ میلیون نفر خواهد رسید [۲]. در ایران نیز، روند افزایش شیوع دیابت به‌ویژه در مناطق شهری و میان‌سالان به‌گونه‌ای است که می‌تواند تبعات جدی برای اقتصاد سلامت، کیفیت زندگی افراد و نظام درمانی کشور به همراه داشته باشد [۳].

یکی از مهم‌ترین اقدامات در مواجهه با این بیماری، پیش‌بینی دقیق خطر ابتلا در آینده و شناسایی عوامل مؤثر در بروز آن است. این فرایند می‌تواند به‌صورت مؤثری در تصمیم‌گیری‌های درمانی، طراحی سیاست‌های پیشگیرانه و تخصیص منابع بهداشتی نقش‌آفرین باشد [٤]. اما حجم انبوه داده‌های مرتبط با سلامت، پیچیدگی روابط میان متغیرهای بیولوژیک و محیطی، و نیاز به تحلیل دقیق داده‌های تاریخی، لزوم استفاده از ابزارهای هوش مصنوعی و داده‌کاوی را بیش از پیش برجسته کرده است [۵]. در این راستا، الگوریتم‌های یادگیر مانند اتوماتای سلولی یادگیر (CLA) به‌عنوان ابزاری کارآمد در مدل‌سازی رفتار سیستم‌های پیچیده، مورد توجه ویژه پژوهشگران قرار گرفته‌اند. این الگوریتم‌ها قابلیت شبیه‌سازی روابط تعاملی بین عوامل و پیش‌بینی روندهای زمانی را دارند [٦]. از سوی دیگر، الگوریتم‌های تصمیم‌گیری چند معیاره نظیر روش برتری و فروتری (SIR)[1] می‌توانند در رتبه‌بندی و وزن‌دهی مؤلفه‌های مؤثر بر بیماری نقش مؤثری ایفا کنند [۷]. با در نظر گرفتن این توانمندی‌ها، هدف از مطالعه حاضر، طراحی و پیاده‌سازی یک مدل ترکیبی بر پایه CLA و SIR برای پیش‌بینی روند شیوع دیابت نوع دو طی بیست سال آینده است. این مدل بر مبنای داده‌های واقعی بیماران دیابتی استان کرمان توسعه یافته و تلاش دارد تا علاوه بر پیش‌بینی دقیق، الگوی تأثیرگذاری عوامل کلیدی مانند فشار خون، کلسترول و وزن را در بروز بیماری تحلیل نماید. انتظار می‌رود نتایج این پژوهش بتواند راهگشای توسعه ابزارهای هوشمند در مدیریت و پیشگیری از دیابت در سطح ملی باشد.

اتوماتای یادگیر

اتوماتای یادگیر یک سیستم با حالات مشخص است که اعمال مشخص شده برطبق برنامه را انجام می‌دهد. تمامی اعمال انتخاب شده به‌صورت احتمالی ارزیابی می‌شوند و بر همان اساس پاسخ سیستم داده می‌شود. اتوماتای یادگیر از این پاسخ استفاده نموده و عمل بعدی خود را انتخاب می‌کند. در طی این فرایند، اتوماتای یادگیر یاد می‌گیرد که چگونه بهترین عمل را از بین اعمال مجاز خود انتخاب نماید. سیستم دارای سه مجموعه احتمالات جریمه، خروجی، ورودی است [۸]. باید دقت شود که در اتوماتای یادگیر برای قراردادن آیتم‌هایی با عدم تشابه در کنار یکدیگر بایستی از وزن جریمه و پاداش استفاده نماییم این موضوع باعث ایجاد توازن در داده‌های متفاوت می‌شود. احتمال اینکه عمل نتیجه نامطلوب داشته باشد، وجود دارد. در محیط ایستا مقادیر در طی اجرای اتوماتا بدون تغییر می مانند، حال آنکه در محیط غیر ایستا این مقادیر در طی اجرای اتوماتا تغییر می‌کنند [۹].

اتوماتای یادگیر متغیر[2]: نحوهٔ معرفی اتوماتای یادگیرمتغیربدین صورت است $\{\alpha, \beta, p, T\}$ که در آن $\alpha = \{\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_r\}$ مجموعهٔاقدامهای توماتا، $\beta = \{\beta_1, \beta_2, \ldots, \beta_m\}$ مجموعه ورودی‌ها؛ $p = \{p_1, p_2, \ldots, p_m\}$ بردار احتمال انتخاب اعمال $p(n+1) = T[\alpha(n), \beta(n), p(n)]$ می باشد. در این نوع از اتوماتاهای یادگیر، اگر یک اقدام در مرحله ای از اتوماتا صورت پذیرد وپاسخ مطلوب از محیط دریافت نماید، احتمال انجام عمل در این مرحله کاهش یافته و سایر احتمالها افزایش می یابند[۱۰]. در هر حال، تغییرات به گونه ای صورت می گیرد تا حاصل جمع $p_i(n)$ ها همواره ثابت و مساوی یک باقی بماند[۱۱].

الف: احتمال حالت مطلوب

$$p_i(n+1) = p_i(n) + a[1 - p_i(n)]$$
$$p_j(n+1) = (1-a)p_j(n) \forall jj \neq i$$

ب:احتمال حالت نامطلوب

$$p_i(n+1) = (1-b)p_i(n)$$
$$p_j(n+1) = \frac{b}{r-1} + (1-b)p_j(n) \forall jj \neq i$$

اتوماتای یادگیر سلولی

یک اتوماتای یادگیر سلولی [۱۲] (CLA)[3] اتوماتای یادگیر به تنهایی خود نمی‌تواند کارآمد و مفید باشد گرچه شاید بتواند مسائلی را حل نماید امّا در کنار سایر اتوماتاهای یادگیر می‌تواند مسائل بسیاری را حل نماید. اتوماتای یادگیر سلولی را می‌توان ترکیبی جامع از اتوماتای سلولی و اتوماتای یادگیر پنداشت. به زبان ساده مجموعه‌ای از سلول‌ها ساده هستند بطوریکه رفتار هر جزء (سلول) براساس رفتار سلول‌های همجوار و تجربیات گذشته اش به‌دست می‌آید. سلول‌های شرکت‌کننده در این مجموعه سلولی از طریق ارتباطات با یکدیگر رفتار پیچیده‌ای از خود نشان می‌دهند [۱۳]. یکی از کاربردهای

[1] Susceptible–Infected–Recovered
[2] Variable structure
[3] Cellular Learning Automata

[Downloaded from ijdld.tums.ac.ir on 2026-01-06]
[DOI: 10.18502/ijdl.v25i5.20339]

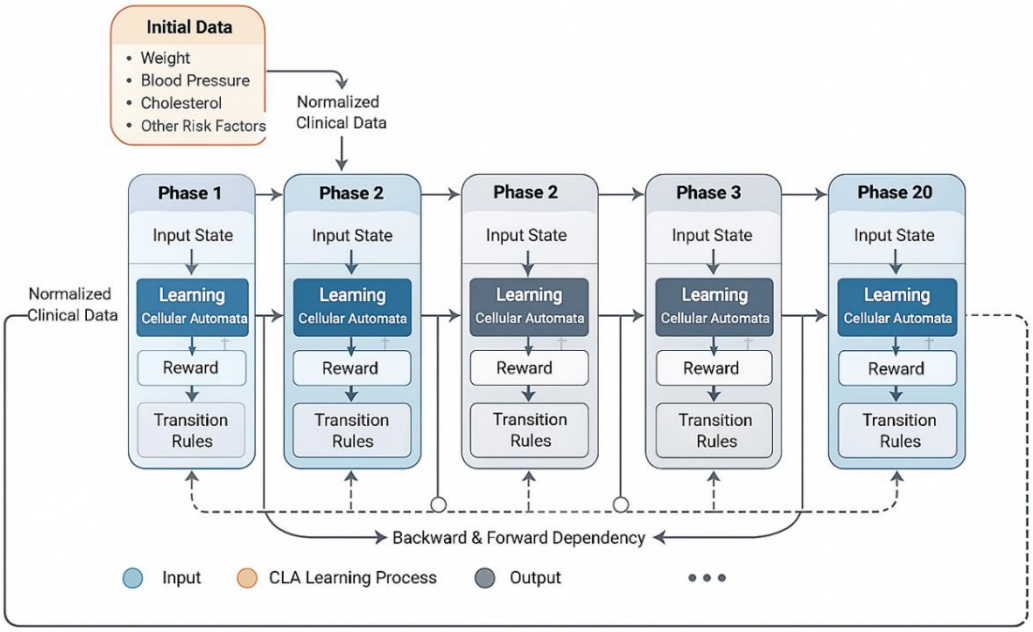
Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

اتوماتای یادگیر سلولی مدل کردن بسیاری از سیستم‌های پیچیده است. هر اتوماتای یادگیر سلولی، از یک اتوماتای سلولی [۱۴] تشکیل شده است که هر سلول آن با یک یا چند اتوماتای یادگیر [۱۵] ترکیب شده است، و حالت سلول را مشخص می‌سازد؛ مانند اتوماتای سلولی، قوانینی بر آن حاکم است که این قوانین منجر به تعیین جریمه و یا پاداش می‌شود. پاداش و جریمه در مجموعه اتوماتا موجب حرکت سلول‌ها به سمت هدف مشخص می‌شود [۱۶]. برای ایجاد سازکار جریمه و پاداش نیاز به یک سری قوانین است که این قوانین شکل و ماهیت‌های متفاوتی دارند. اتوماتای یادگیر سلولی انواع متفاوتی دارد که از جمله می‌توان به اتوماتای یادگیر سلولی باز [۱۷]، اتوماتای یادگیر سلولی ناهمگام [۱۸] اشاره نمود. هر سلول برای روشن شدن وضعیت جریمه و پاداش بایستی علاوه بر وضعیت اتوماتاهای اطراف خود بایستی وضعیت سراسری اتوماتا را نیز مطلع باشد [۱۹].

روش‌ها

روش‌های مختلفی برای پیاده‌سازی و اجرای پروژه‌های داده‌کاوی وجود دارد. یکی از روش‌های بسیار قوی اتوماتای سلولی یادگیر کلاس چهار است [۲۰]. در این مقاله مدل پیشنهادی براساس اتوماتای یادگیر ارائه شده که شامل بیست فاز است. هر یک از فازها شامل یک سال بوده که این مطالعه برای پیش‌بینی رشد دیابت در بیست سال آینده طراحی شده است، پس دارای بیست فاز است. این فازها خود شامل زیربخش‌هایی می‌شوند. این روش یک روش همگام بوده و حرکت رو به جلو و عقب بین فازهای مختلف نیاز است زیرا ورودی هر فاز به خروجی فاز مرحله قبل وابسته است. هر یک از این فازها در شکل ۱ نشان داده شده‌اند.



شکل ۱- مدل بیست‌فازه اتوماتای سلولی یادگیر (CLA) برای پیش‌بینی روند رشد دیابت

شناخت داده‌ها و آماده سازی آ نها

در این بخش به جمع‌آوری داده‌های اولیه، توصیف داده‌ها، بازرسی و بررسی داده‌ها و اعتبارسنجی کیفیت داده‌ها پرداخته شده است. اطلاعات این تحقیق از یک مرکز درمان دیابت در کرمان جمع‌آوری شده است. اطلاعات پرونده‌ها مربوط به سال ۱۳۸۳ تا ۱۳۹۱ است(جدول ۱). ۷۸۸٦٦ نفر از بیماران در این آمارگیری شرکت داشته‌اند. میانگین سن بیماران ۵۳ سال و ۳۰ درصد آنها مرد و مابقی زن هستند. ٦۰ درصد بیماران دارای سابقهٔ خانوادگی در دیابت هستند.

ویژگی‌های آزمایشگاهی بیماران در این مرحله بررسی و شناسایی شدند. در مهم‌ترین گام تحقیق (آماده‌سازی داده‌ها یا پیش‌پردازش داده‌ها) به بررسی پروندهٔ بیماران پرداخته شده است. در جهان واقعی، داده همیشه کامل نیست و در مورد اطلاعات پزشکی، این موضوع همیشه درست است. برای حذف تعدادی از تناقض‌ها و داده‌های ناقص در ارتباط با داده‌ها از پردازش داده استفاده شده است. در این تحقیق مواردی را که ارزش صفر برای ویژگی‌های فشارخون، چربی و وزن داشتند حذف گردید و بیمارانی را که فقط یک‌بار مراجعه داشته‌اند کنار گذاشته شدند(جدول ۱)

[Downloaded from ijdld.tums.ac.ir on 2026-01-06]
[DOI: 10.18502/ijdl.v25i5.20339]

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

جدول ۱- داده‌ها و نوع آن‌ها پس از پاکسازی، جمعیت مورد مطالعه: بیماران دیابتیِ استان کرمان؛ بازهٔ زمانی داده‌ها: سال‌های ۱۳۸۳–۱۳۹۱

مشخصه	توضیحات	نوع
Age	سن	عددی
Sex	جنسیت	اسمی
SBP	فشارِ خونِ سیستولیک	عددی
FBS	قندِ ناشتا	عددی
2HPP-BS	قندِ دو ساعته پس از غذا	عددی
LDL	کلسترولِ مضر (LDL)	عددی
HDL	کلسترولِ با چگالیِ بالا، چربیِ مفید (HDL)	عددی
TG	تری‌گلیسیرید (TG)	عددی

نمونه: n= ۷۸۸٦٦. نوع نمونه: داده‌های ثبت‌شده بیماران دیابتی (پس از پیش‌پردازش و حذف مقادیر گمشده).

SBP: Systolic blood pressure, FBS: fasting blood glucose, 2HPP-BS: Two hour post prandial blood sugar, LDL: low density lipoprotein, HDL: High density lipoprotein, TG: Triglyceride

فرضیات مدل سازی

مدل‌سازی با استفاده از نرم‌افزار متلب انجام می‌پذیرد. در اینجا داده‌کاوی پیش‌بینانه است. بجهت شروع ابتدایی مدل‌سازی نیازمند قوانین ابتدایی اتوماتا در این موضوع می‌باشد. قانون‌ها نیز می‌توانند احتمالی باشد به‌جای آنکه قطعی باشند. باتوجه‌به اینکه دراتوماتای سلولی یادگیر هر سلول بر اساس داده‌های گذشته خود و همچنین رفتار سلول‌های همسایه می‌تواند روند پیش‌بینی بیماری را در آینده بیان نماید. این سلول‌ها که در اتوماتای سلولی یادگیر به اتوماتاهای یادگیر تغییر یافته‌اند هر کدام نشانه رفتار بیماری دیابت در یک شهر هستند. باتوجه به اینکه در این مجموعه هدف مشخص‌شدن پیشرفت روند بیماری دیابت در سال‌های آینده است پس بایستی از قوانینی بجهت رسیدن به این هدف استفاده گردد؛ این قوانین در قالب نحوهٔ جریمه و پاداش سلول‌ها تعریف می‌شود. هرچه این قوانین ساده‌تر بیان شود رسیدن به نتیجه قابل‌فهم‌تر و واضح تر است [۲۰]. لذا این قوانین بدین شرح بیان می‌شود.

۱- هر سلول در اتوماتای سلولی یادگیر نشان‌دهنده یک فرد از افراد مورد مطالعه می‌باشد.

۲- تأثیر سلول‌های همسایه بر سلول اصلی به روش ون نیومن انجام گرفته است.

۳- سطرهای اتوماتا روند پیشرفت دیابت را نمایان می‌کنند.

٤- عوامل مؤثر بر روشن شدن یک سلول یا به‌صورت مستقیم در دیابت نقش دارند و یا به‌صورت غیرمستقیم.

۵- هرکدام از عوامل مستقیم و غیرمستقیم دارای وزن مشخصی هستند که تأثیر آنها را در روشن شدن سلول مشخص می‌کند (جدول۲). این وزن‌ها براساس نظرات کارشناسان وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی در فرمول الگوریتم جاگذاری شده است. این وزن‌ها در ساختار الگوریتمی با عنوان جریمه و پاداش محاسبه می‌شوند. روند تکاملی بیماری دیابت در هر فرد متغیر است ولی در حالت کلی می‌توان آن را در روند تک‌سلولی بدین صورت نمایش داد:

جدول ۲- متغیرهای مسأله و اسامی اختصاری

SBP	فشارخون سیستولیک
HDL	چربی مفید خون
FBS	قند خون ناشتا

$$W_{SBP} + W_{HDL} + W_{FBS} = D$$

SBP: Systolic blood pressure, HDL: High density lipoprotein
FBS: Fasting blood sugar

مدلی برای پیش بینی دیابت:

مبتلایان به دیابت در منطقه موردمطالعه به چند کلاس جمعیتی تقسیم شدند، باتوجه‌به اینکه ما در موضوع پیش‌بینی روند روبه‌رشد بیماری دیابت با چند شاخصه مواجه بودیم (مطلوبیت و عدم مطلوبیت) بر آن شدیم که مدل اتوماتای سلولی یادگیر را با مدل SIR [۲۱] ترکیب نماییم تا بتوانیم خروجی قابل قبول تری را ارائه نماییم. روش رتبه بندی برتری و فروتری (SIR) یک روش یک روش جدید و کارا برای مسائل تصمیم گیری چند شاخصه‌ای است.

[Downloaded from ijdld.tums.ac.ir on 2026-01-06]

[DOI: 10.18502/ijdl.v25i5.20339]

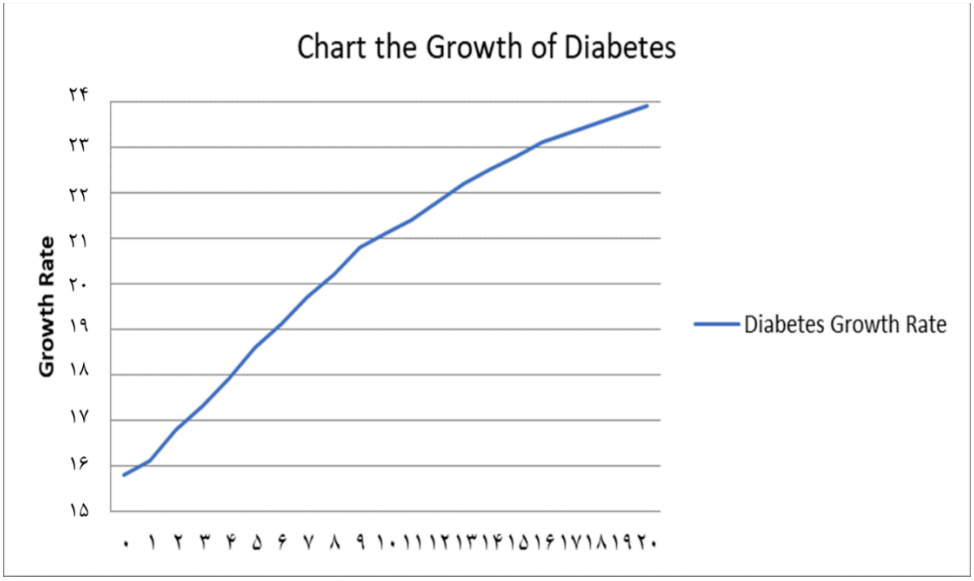
Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

مدل رتبه بندی برتری و فروتری (SIR) دارای کاربرد زیادی بوده و از آن به‌طور گسترده ای برای شبیه‌سازی پیش‌بینی بیماری‌ها استفاده شده است. در تحقیقات متعددی از مدل کلاسیک رتبه‌بندی برتری و فروتری (SIR) و روش اتوماتای سلولی («Cellular Automata (AC) برای توسعهٔ مدل انتشار دیابت استفاده شده است، امّا در این مقاله از روش ترکیبی اتوماتای سلولیِ یادگیر (CLA) و رتبه‌بندی برتری و فروتری (SIR) استفاده شده است که این موضوع می‌تواند دقت نهایی را افزایش دهد.

یافته‌ها

پس از اجرای الگوریتم ترکیبی بر روی داده‌ها این الگوریتم توانست روند روبه‌رشد بیماری دیابت را در ۲۰ سال آینده پیش بینی کند. این پیش‌بینی براساس داده‌های جمع‌آوری شده از سال ۱۳۸۳ تا سال ۱۳۹۱ از دانشگاه علوم پزشکی کرمان با فرمت excel بوده است(شکل۲).



شکل ۲- پیش‌بینی درصد رشد دیابت تا ۲۰ سال آینده بر مبنای مدل ترکیبی اتوماتای سلولیِ یادگیر (CLA) و مدل رتبه بندی برتری و فروتری (SIR).
جمعیت مورد مطالعه: بیماران مبتلا به دیابت ثبت‌شده در استان کرمان. داده‌ها مربوط به سال‌های ۱۳۸۳–۱۳۹۱ بوده و پس از پیش‌پردازش و حذف مقادیر گمشده تحلیل شدند (نمونه: n= ۷۸۸٦٦). روش پیش‌بینی: پیاده‌سازی مدل CLA–SIR در نرم‌افزار MATLAB و تولید برآورد درصد رشد در بازه ۲۰ ساله

بر طبق نتایج به‌دست‌آمده از مدل ترکیبی این مدل توانست پیش‌بینی درصد رشد بیماری دیابت را در ۲۰ سال آینده تخمین بزند(شکل۲). با توجه به مدل؛ سه زیر فاکتور کلسترول؛ فشار خون؛ وزن را به عنوان زیر فاکتورهای اصلی در بیماری دیابت مورد مطالعه قرار داده وروند پیشرفت و یا کاهش رشد بیماری با توجه به داده‌های موجود در هر شهر قابل پیش‌بینی است. با توجه به تعداد اندک بیمارانی که پس از ابتلا به دیابت موفق به درمان شده بودند آیتم پاداش در فرمول الگوریتم در نظر گرفته نشده است. شکل ۲ درصد رشد بیماری دیابت را نمایش داده است. بر طبق داده‌های جمع‌آوری شده از دانشگاه علوم پزشکی کرمان که از ۲٦ شهر در این استان جمع‌آوری شده بود تعداد افراد دیابتی در هر شهرستان مشخص بود. با توجه به جغرافیای هر شهر در این استان برخی از شهرها که ساکنین آنها از مواد غذایی طبیعی و سالم تری استفاده می نمودند و دارای تحرک بدنی به‌دلیل ماهیت شغلی همچون دامپروری و کشاورزی بودند از آمار کمتری برخوردار بودند. همچنین زیرفاکتورهای فعال هر فرد دیابتی نیز مشخص شده است که با توجه به آن در جمعیت هر شهرستان این آمار مشخص شده است .پس از مدل‌سازی در برنامهٔ متلب به نتایج مهم و قابل توجه‌ای به‌دست آمد که می‌توان به تعدادی از آنها اشاره نمود:

۱- حدود ٦۰٪ از افرادی که به دیابت مبتلا هستند هر سه فاکتور کلسترول؛ فشار خون؛ وزن بالا را دارا بودند.

۲-حدود ۱۰٪از افرادی که به دیابت مبتلا بودند هیچ کدام از سه فاکتور کلسترول؛ فشار خون؛ وزن بالا را نداشتند.

۳- حدود ۳۰ درصد از افرادی که به دیابت مبتلا بودند بین ۱ تا ۲ فاکتور از کلسترول؛ فشار خون؛ وزن بالا را داشتند.

٤- بر طبق شکل ۳، توزیع ریزفاکتور کلسترول در جمعیت بیماران دیابتی نشان می‌دهد که بخش قابل توجهی از بیماران در محدوده کلسترول مرزی و بالا قرار دارند و نسبت افراد با سطح کلسترول طبیعی کمتر است.

[Downloaded from ijdld.tums.ac.ir on 2026-01-06]
[DOI: 10.18502/ijdl.v25i5.20339]

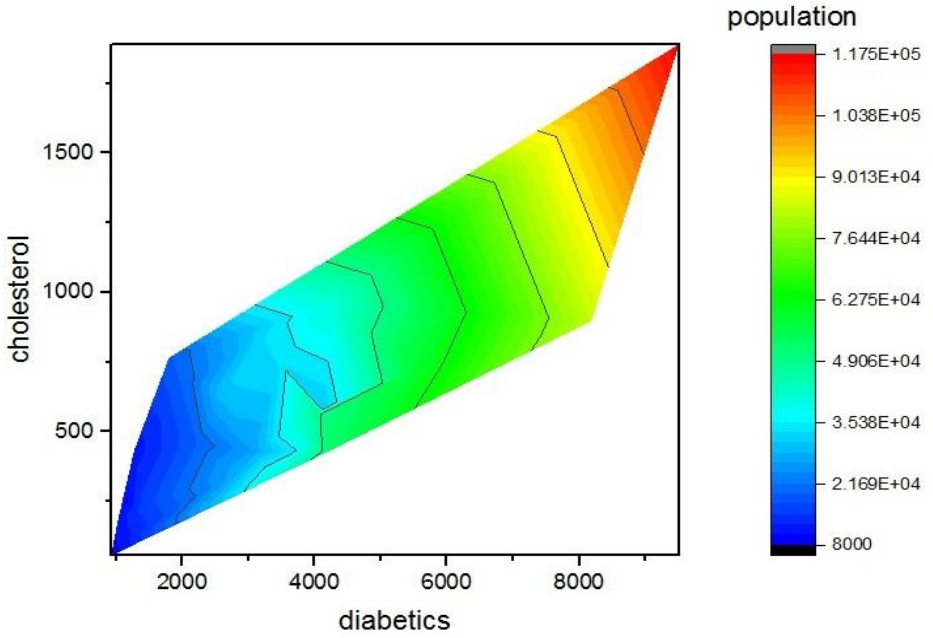
Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

۵- همانگونه که در شکل ٤ نمایش داده شده است جمعیت کمتری از دیابتی‌ها به فاکتور وزن مبتلا بودند.

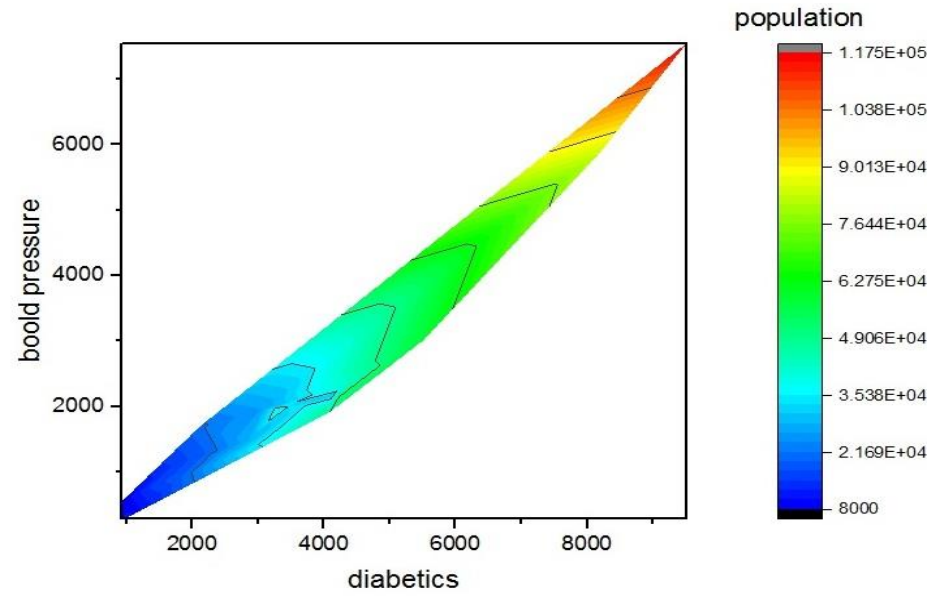
٦- بر طبق شکل ۵ اکثر افرادی که به دیابت مبتلا شده بودند دارای فشار خون بالا بودند.

۷- بر طبق شکل ۵ رشد فشار خون در بیماران دیابتی نسبت به سایر فاکتورها زیاد است و این عامل ناشی از افزایش استرس‌های اجتماعی و خانوادگی و مصرف مواد غذایی نامناسب و درمان دیر هنگام را نشان می‌دهد.



شکل ۳- پیش‌بینی توزیع ریزفاکتور کلسترول در جمعیت بیماران دیابتی

جمعیت مورد مطالعه: بیماران ثبت‌شده مبتلا به دیابت در استان کرمان؛ بازه زمانی داده‌ها: [۱۳۸۳–۱۳۹۱]؛ نمونه: n= ۷۸۸٦٦. شرح مختصر: نقشه کانتوری — توزیع مقادیر کلسترول در جمعیت دیابتی بر پایه خروجی مدل ترکیبی اتوماتای سلولیِ یادگیر (CLA) و مدل رتبه بندی برتری و فروتری (SIR). روش‌ها: داده‌ها پس از پیش‌پردازش و حذف مقادیر گمشده و نرمال‌سازی، با مدل CLA–SIR در MATLAB شبیه‌سازی و مقادیر جمعیتی برآورد شد.



شکل ۴- پیش‌بینی توزیع ریزفاکتور وزن در جمعیت بیماران دیابتی

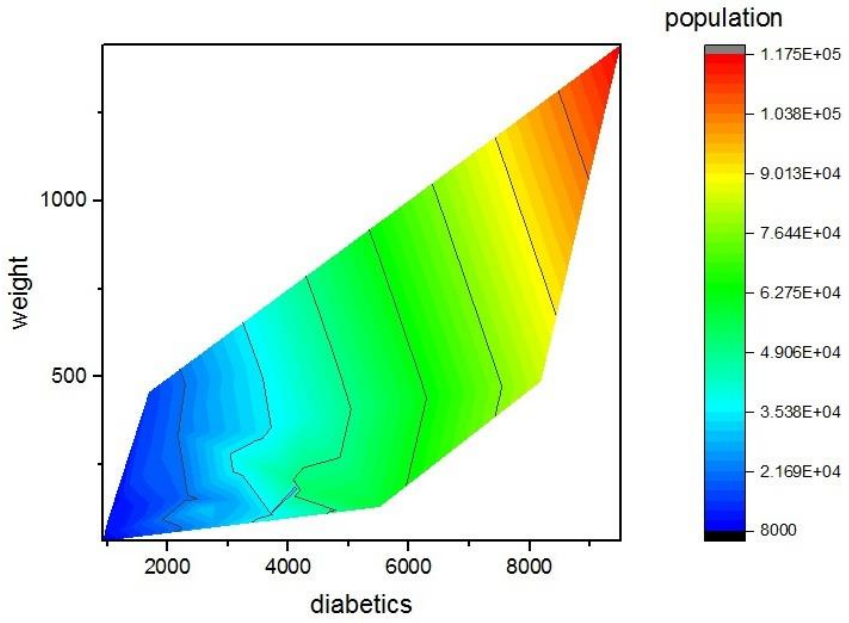
جمعیت مورد مطالعه: بیماران ثبت‌شده مبتلا به دیابت در استان کرمان؛ بازه زمانی داده‌ها: ۱۳۸۳–۱۳۹۱؛ نمونه: n= ۷۸۸٦٦. شرح مختصر: نقشه کانتوری نمایش توزیع ریزفاکتور «وزن» در جمعیت دیابتی بر مبنای خروجی مدل ترکیبی اتوماتای سلولیِ یادگیر (CLA) و مدل رتبه بندی برتری و فروتری (SIR). روش‌ها: داده‌ها پس از پاک‌سازی (حذف مقادیر گمشده و نرمال‌سازی) با مدل CLA–SIR در MATLAB شبیه‌سازی شد و مقادیر جمعیتی برآورد گردید.

[Downloaded from ijdld.tums.ac.ir on 2026-01-06]

[DOI: 10.18502/ijdl.v25i5.20339]

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir



شکل ۵- پیش‌بینی توزیع ریز فاکتور فشارخون در جمعیت دیابتی

جمعیت مورد مطالعه: بیماران ثبت‌شده مبتلا به دیابت در استان کرمان؛ بازه زمانی داده‌ها: ۱۳۸۳–۱۳۹۱؛ نمونه: n= ۷۸۸٦٦.. شرح مختصر: نقشه کانتوری نمایش توزیع ریزفاکتور فشارخون در جمعیت دیابتی بر مبنای خروجی مدل ترکیبی اتوماتای سلولیِ یادگیر (CLA) و مدل رتبه بندی برتری و فروتری (SIR). روش‌ها: داده‌ها پس از پاک‌سازی (حذف مقادیر گمشده و نرمال‌سازی) با مدل CLA–SIR در MATLAB شبیه‌سازی شد و مقادیر جمعیتی برآورد گردید.

بحث

باتوجه به رشد جمعیت در کشور و در پی آن رشد فن آوری و امکانات رفاهی افزایش تولید مواد غذایی صنعتی و کاهش کیفیت مواد غذایی و افزایش مصرف نمک و شیرینی؛ باعث ایجاد یک بحران در جامعه بشری شده است که اگر راهکار مناسبی برای کنترل آن یافت نشود به‌زودی دچار بحران خواهیم شد. مصرف بهینه نمک و شیرینی و تحرک بیشتر و تبلیغات مؤثر می‌تواند در جهت کنترل بیماری دیابت کمک بهینه‌ای نماید. در دیابت، سرعت و توانایی بدن در استفاده و سوخت‌وساز کامل گلوکز کاهش می‌یابد؛ ازاین رو میزان قند خون افزایش‌یافته که به آن هایپرگلیسمی می‌گویند. وقتی این افزایش قند در درازمدت در بدن وجود داشته باشد عوارض میکروواسکولار دیابت یا تخریب رگ‌های بسیار ریز در بدن ایجاد می‌شوند که می‌توانند اعضای مختلف بدن همچون کلیه، چشم و اعصاب را درگیر کنند. همچنین دیابت با افزایش ریسک بیماری‌های قلبی عروقی ارتباط مستقیمی دارد؛ لذا غربالگری و تشخیص زودرس این بیماری در افراد با ریسک بالا می‌تولند در پیشگیری از این عوارض مؤثر باشد. تشخیص و همچنین غربالگری دیابت با انجام آزمایش قند خون میسر است. امید می‌رود مسئولان کشور با اتخاذ تدابیر مناسب، زمینه شناسایی زودهنگام و بهبود فرایند درمان این بیماری را فراهم سازند.

تعارض منافع

نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که هیچ‌گونه تعارض منافع علمی، مالی، شخصی یا نهادی در ارتباط با طراحی، اجرا، تحلیل و انتشار این پژوهش وجود ندارد. کلیه مراحل تحقیق به‌صورت مستقل و بدون تأثیرپذیری از نهادهای ذی‌نفع انجام‌گرفته است.

کُد اخلاق پژوهشی

مطالعهٔ حاضر پیش از اجرا به تأیید کمیتهٔ اخلاق در پژوهش‌های زیست‌پزشکی دانشکده علوم پزشکی سیرجان رسیده و دارای کُد اخلاق IR.SIRUMS.REC.1400.017 است. تمامی اصول اخلاقی مرتبط با محرمانگی داده‌ها، رضایت آگاهانه، و استفاده از اطلاعات به‌طور ناشناس رعایت شده است.

بیانیهٔ مشارکت نویسندگان

تمامی نویسندگان در کلیه مراحل طراحی مطالعه، جمع‌آوری و تحلیل داده‌ها، نگارش و بازنگری نهایی مقاله مشارکت فعال داشته و نسخه نهایی را تأیید نموده‌اند.

سپاسگزاری

نویسندگان مراتب قدردانی خود را از دانشکده علوم پزشکی سیرجان، مرکز درمان دیابت کرمان و کلیه بیمارانی که داده‌هایشان در این

[Downloaded from ijdld.tums.ac.ir on 2026-01-06]

[DOI: 10.18502/ijdl.v25i5.20339]

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

پژوهش استفاده شد ابراز می‌دارند. همچنین از حمایت‌های معنوی کمیته اخلاق پژوهشی (کد IR.SIRUMS.REC.1400.017) سپاسگزاریم.

References

1. HOLT, Richard IG; FLYVBJERG, Allan (ed.). Textbook of diabetes. John Wiley & Sons, 2024.
2. International Diabetes Federation. *IDF Diabetes Atlas*. 10th ed. Brussels: IDF; 2021. Available from: https://idf.org
3. Peykari N, Ghaemi F, Nasli E, Mahdavi Hazaveh AR, Yousefi E, Monji H, et al. Policy implications for diabetes prevention and control: An experience from Iran. *Med J Islam Repub Iran* [Internet]. 2022; 36.
4. Korke VK, Chowdhary V, Keri SM, Patil PA, Nandyal S. Chronic disease prediction using machine learning. *Int J Sci Technol Eng* [Internet]. 2022;10(8):693–7.
5. Rahman T, Adhikari S, Vasant PM, Bakar A. A survey of machine learning techniques for predicting the risk of type 2 diabetes. *Comput Biol Med*. 2021; 136:104703.
6. Beigy H, Meybodi MR. A mathematical framework for cellular learning automata. *Complex Syst*. 2004;7(3–4):295–320.
7. Xu X. The SIR method: A superiority and inferiority ranking method for multiple criteria decision making. *Eur J Oper Res*. 2001;131(3):587–602.
8. ZHANG, JunQi; ZHOU, MengChu. Learning Automata and Their Applications to Intelligent Systems. John Wiley & Sons, 2023.
9. Ren X, Li S, Ge H. A parameter-free learning automaton scheme. *Front Neurorobot*. 2022; 16:999658.
10. Shiri ME, Meybodi MR. A novel adaptive learning automaton with dynamic action probabilities. *Information Sciences*. 2023; 624:101–114.
11. Kumar P, Sahu SK, Tripathi A. Learning automata-based routing strategy for dynamic wireless sensor networks. *Applied Soft Computing*. 2023; 135:110019.
12. Liu Z, Fang H, Xu J, Wang KW. Cellular automata inspired multistable origami metamaterials for mechanical learning. *arXiv*. 2023; arXiv:2305.19856.
13. Richardson AD, Antal T, Blythe RA, Schumacher LJ. Learning spatio-temporal patterns with Neural Cellular Automata. *arXiv*. 2023; arXiv:2310.14809.
14. Rad VP, Rad VA, Sotubadi SV. Spiking-based Cellular Learning Automata (SCLA) algorithm for mobile robot motion formulation. *arXiv*. 2023; arXiv:2309.00241.
15. Burtsev M. Learning Elementary Cellular Automata with Transformers. *arXiv*. 2023; arXiv:2309.13186.
16. Stovold J. Neural Cellular Automata Can Respond to Signals. *arXiv*. 2023; arXiv:2305.12971.
17. Wolfram S. What Can We Learn about Engineering and Innovation from Half a Century of the Game of Life Cellular Automaton? *Stephen Wolfram Writings*. 2025.
18. Zhao Y, Wang J, Liang Y, Sun Z. Adaptive asynchronous cellular automata for image edge detection. *Multimedia Tools and Applications*. 2023; 82:18375–97.
19. Jaberipour M, Haghparast M, Roshani S. An asynchronous cellular learning automata model for dynamic optimization in distributed networks. *Applied Soft Computing*. 2024; 140:110994.
20. LACHINSKI, Andrew. Cellular automata: a discrete universe. World Scientific Publishing Company, 2001.
21. Linley M, Mortensen P, Lauer K, Rautenbach SP, Gallotta M, Sharapova N, et al. A Machine Learning-enabled SIR Model for Adaptive and Dynamic Forecasting of COVID-19. *medRxiv*. 2024.

[Downloaded from ijdld.tums.ac.ir on 2026-01-06]

[DOI: 10.18502/ijdl.v25i5.20339]

Archive of SID.ir