

# BIG DATA. ALTERNATIVA PARA UNA SALUD INTELIGENTE. REVISIÓN DE UN MODELO CONCEPTUAL

## BIG DATA. AN ALTERNATIVE FOR SMART HEALTH. REVIEW OF A CONCEPTUAL MODEL

Gerardo García-Maldonado<sup>1\*</sup>, Eugenio Guerra-Cárdenas<sup>2</sup>, Evelyn Montserrat Soriano-Juárez<sup>3</sup>

### RESUMEN

**INTRODUCCIÓN:** *Big data* surgió en la década de los 90 y hace referencia a grandes volúmenes de datos que no pueden ser gestionados con herramientas tradicionales. Sus características fundamentales son volumen, velocidad y variedad, aunque se han añadido otras más con la idea de mejorar la confiabilidad de la información. En el ámbito de la salud, esta tecnología ha transformado la recolección y análisis de datos médicos provenientes de diferentes fuentes, con la intención de que los resultados sean aplicables en la población. Sigue siendo una tarea pendiente el manejo seguro de la información.

**OBJETIVOS:** Revisar algunos tópicos relacionados con este tema y analizar brevemente las fases de utilización y procesamiento de *big data* a través de un modelo conceptual. El último objetivo es describir cómo el modelo conceptual puede ser aplicable en psiquiatría.

**MATERIAL Y MÉTODOS:** Se realizó una búsqueda en bases de datos como Google Scholar, PubMed y Web of Science, utilizando términos recomendados en el MeSH para optimizar la búsqueda. Se seleccionaron artículos originales, revisiones y metaanálisis publicados en los últimos cinco años.

**RESULTADOS:** *Big data* ha facilitado la personalización de tratamientos y la creación de modelos predictivos, diagnósticos y preventivos en medicina. También ha optimizado la gestión hospitalaria y la toma de decisiones. El desarrollo de tecnología informática ha permitido estos logros. La falta de estandarización en los sistemas y la preocupación por la privacidad de los datos continúa siendo un desafío.

**CONCLUSIONES:** A pesar de su potencial, *big data* sigue limitado por la interoperabilidad y la calidad de los datos. Es esencial implementar marcos éticos y estandarizar procesos para su implementación efectiva, especialmente en áreas como la psiquiatría.

**PALABRAS CLAVE:** *Big data*; cuidado de la salud; análisis en *big data*; sistemas de información en salud; marco conceptual.

### ABSTRACT

**INTRODUCTION:** *Big data* emerged in the 1990s and refers to large volumes of complex data that can not be managed with traditional tools. Its fundamental characteristics are volume, speed and variety, although other characteristics have been added with the idea of improving the reliability of the information. In the field of health, this technology has transformed the collection and analysis of medical data from different sources, with the intention that the results are applicable to the population. The safe management of information remains a pending task.

**OBJECTIVES:** To review some topics related to this topic, and briefly analyze the phases of use and processing of *big data* through a conceptual model. The last objective, is to describe how the conceptual model can be applicable in psychiatry.

**MATERIAL AND METHODS:** A search was carried out in databases such as Google Scholar, PubMed and Web of Science, using terms recommended in the MeSH to optimize the search. Original articles, reviews and meta-analyses published in the last five years were selected.

**RESULTS:** *Big data* has facilitated the personalization of treatments, and the creation of predictive diagnosis and preventive models in health. It has also optimized hospital management and decision-making. The development of computer technology, has enabled these achievements. The lack of standardization in systems, and concerns about data privacy continue to be a challenge.

**CONCLUSIONS:** Despite its potential, *big data* remains limited by interoperability and data quality. It is essential to implement ethical frameworks and standardize processes for its effective implementation, especially in areas such as psychiatry.

**KEYWORDS:** *Big data*; healthcare; *big data* analytics; health information systems; conceptual framework.

<sup>1</sup> Profesor-investigador. Facultad de Medicina de Tampico "Dr. Alberto Romo Caballero". Universidad Autónoma de Tamaulipas. Doctorante en Ciencias de la Salud.

<sup>2</sup> Secretario técnico. Facultad de Medicina de Tampico "Dr. Alberto Romo Caballero". Universidad Autónoma de Tamaulipas.

<sup>3</sup> Pasante de Medicina. Facultad de Medicina de Tampico "Dr. Alberto Romo Caballero". Universidad Autónoma de Tamaulipas.

\*Autor de correspondencia. Correo: gmaldonado@docentes.uat.edu.mx

## INTRODUCCIÓN

*Big data* es un término que se introdujo en la década de los 90 y se refiere al conjunto de datos masivos, complejos y de rápido crecimiento, tanto estructurados como no estructurados, también denominados macrodatos, que no pueden ser gestionados, procesados ni analizados de manera eficiente mediante herramientas y técnicas tradicionales.<sup>1</sup>

**Las características que definieron originalmente a *big data* fueron las famosas tres “V”:**<sup>2</sup>

- **Volumen:** Gran cantidad de datos que requieren ser procesados
- **Velocidad:** Rapidez para transmitir información
- **Variación:** Diversas fuentes de información

**Con el tiempo se han adicionado otros elementos que ha sido necesario implementar, en la medida que los análisis requieren más precisión y confiabilidad:**<sup>3</sup>

- **Veracidad:** Fuentes de información confiables
- **Valor:** Información útil y significativa
- **Variabilidad:** Inconsistencia de los datos
- **Visualización:** Representación comprensible
- **Vulnerabilidad:** Riesgos de seguridad
- **Viabilidad:** Capacidad de integrar y gestionar los datos

Es curioso que según el contexto en que se aborda este tema se utilizan tres o nueve “V”. El uso de *big data* en salud ha transformado profundamente la manera en que se recopilan y utilizan los datos en diferentes escenarios y contextos. En el caso de la medicina, la información puede ser clínica, genética, histopatológica, oncológica, cardiológica, etc., la cual es recolectada a través de dispositivos médicos, sensores, imágenes o expedientes electrónicos que permiten integrar una gran cantidad de datos, con la finalidad de mejorar los resultados en salud en términos de diagnóstico, prevención o pronóstico.<sup>2,3</sup>

Otra de las aplicaciones de *big data* en el ámbito de la salud es la personalización terapéutica, conocida también como medicina de precisión, es decir, a través del análisis de datos genómicos, biomarcadores y registros clínicos, los investigadores han desarrollado estrategias para la administración de medicamentos adaptadas a las características individuales de cada paciente. Por otro lado, *big data* también ha facilitado el desarrollo

de modelos predictivos que identifican factores de riesgo y/o predisponentes para diversas enfermedades, lo que permite realizar intervenciones tempranas y, en consecuencia, mejorar el factor pronóstico.<sup>4,5</sup>

El impacto de los macrodatos también se extiende a la gestión hospitalaria y a la toma de decisiones directivas en tiempo real, lo que permite predecir demandas de servicios, optimizar recursos, evitar desabasto de insumos y monitorear la calidad de la atención, entre otros beneficios prácticos y evidentes. Sin embargo, su implementación enfrenta desafíos importantes y significativos, como la falta de estandarización en los datos, la falta de interoperabilidad de los sistemas y las preocupaciones éticas relacionadas con la privacidad y seguridad de información sensible.<sup>3,6</sup>

En este último sentido, independientemente de los beneficios de este recurso, su uso plantea interrogantes deontológicas cruciales, y la necesaria implementación de marcos legales y regulatorios sólidos, que garanticen la protección y seguridad de los datos.

Las preocupaciones sobre el uso indebido de la información personal, especialmente en datos genéticos, psiquiátricos o infectocontagiosos, entre otros, subrayan la necesidad de prácticas transparentes en su manejo.<sup>2,5</sup>

El objetivo de esta revisión es familiarizarse con algunos tópicos relacionados con este tema, así como analizar brevemente las fases de utilización y procesamiento de *big data* a través de un modelo conceptual. El último objetivo, no menos importante, es describir cómo el modelo conceptual puede ser aplicable a una especialidad médica, en este caso psiquiatría.

## MÉTODO DE BÚSQUEDA

Se realizó una exploración computarizada en las bases de datos electrónicas Google Scholar, PubMed y Web of Science. Se aplicaron términos recomendados en el MeSH para optimizar la búsqueda. Los criterios cualitativos de selección fueron: artículos originales, revisiones, metaanálisis o editoriales en idioma inglés publicados en los últimos cinco años, trabajos con metodología científica, con aportaciones y contenidos bien definidos y específicos, que se consideraron de utilidad y principalmente con enfoque en el ámbito de la salud. Se excluyeron trabajos no revisados por pares, de revistas depredadoras y con enfoques del tema diferentes a lo planteado en los objetivos. Asimismo, se utilizaron los operadores booleanos NOT, OR, AND para la combinación de los diferentes términos de búsqueda.

Artículos anteriores a cinco años, en consenso y con base en los objetivos, se decidió su inclusión.

## SITUACIÓN ACTUAL DEL CONOCIMIENTO

El uso de *big data* en la salud ha avanzado considerablemente en la última década, transformando significativamente la manera en que se gestionan los datos médicos y se toman decisiones clínicas. *Big data* en salud implica el procesamiento y análisis de datos integrados en plataformas o registros electrónicos sanitarios. Como se comentó previamente, este proceso permite identificar patrones, predecir enfermedades y mejorar los resultados clínicos de manera personalizada.

Un área clave donde *big data* ha tenido un impacto significativo es en lo que se ha denominado medicina de precisión, la cual permite ofrecer tratamientos específicos farmacológicos y no farmacológicos, basados en las características genéticas y biológicas de cada paciente. La integración de *big data* en la medicina personalizada ha permitido identificar biomarcadores de enfermedades incluso complejas, y realizar un seguimiento más preciso de la respuesta clínica a medicamentos.<sup>7</sup>

Esto no solo ha mejorado las expectativas de abordaje terapéutico, sino que también ha reducido los costos al evitar procedimientos ineficaces, inseguros o innecesarios.

La utilización de *big data* ha permitido también mejorar la planificación directiva en hospitales, reduciendo tiempos de espera y optimizando la atención general de los pacientes.<sup>8</sup> Sin embargo, su implementación enfrenta varios desafíos. El más común es la calidad y veracidad de los datos, es decir, la información proveniente de diferentes fuentes que puede variar en formato y precisión, lo que afecta la fiabilidad de los análisis y, por ende, las decisiones logísticas.

La heterogeneidad de los datos en salud complica su integración y gestión. Este problema ha sido considerado constantemente y por ello se sugiere que la estandarización debería ser más la regla que la excepción.<sup>9</sup> El manejo de grandes volúmenes de datos debe ser protegido adecuadamente para evitar un uso indebido. Estrategias como el consentimiento informado son esenciales, independientemente de los marcos legales que deben generarse o actualizarse para regular el uso de estas tecnologías en medicina.<sup>10</sup> La prioridad actual es favorecer el desarrollo de tecnologías de encriptación y anonimización de datos, como medidas para salvaguardar la confidencialidad de las personas.<sup>11</sup>

## BIG DATA. MODELO CONCEPTUAL

Un modelo conceptual es la representación de un sistema, conformado por conceptos interrelacionados que permiten conocer, comprender o simular lo que se pretende representar con el modelo. Idealmente debe incluir elementos importantes, específicos y bien definidos, así como las relaciones entre ellos. Dicho de otra manera, es un conjunto de concep-

tos que representan algo.<sup>12</sup> Algunos modelos son objetos físicos, por ejemplo un modelo de juguete que se puede armar, en este caso, con diferentes piezas y simular que funciona como lo que representa.

Los modelos conceptuales se aplican a una gran diversidad de disciplinas y escenarios; el análisis de los macrodatos a través de un modelo no tendría por qué haber sido la excepción. Una de las características fundamentales del modelo conceptual de *big data* particularmente en salud es la interoperabilidad de los datos. La capacidad para recolectarlos desde múltiples fuentes, como registros electrónicos de salud, imágenes médicas o dispositivos electrónicos que registran funciones diversas, es crucial para crear precisamente a través de la integración de toda la información un modelo ya sea predictivo, diagnóstico o terapéutico, que mejore lo que se ha mencionado insistentemente: una atención personalizada.<sup>13</sup>

La estandarización, como ya se mencionó, es un aspecto clave para garantizar que los sistemas puedan comunicarse y compartir información de manera eficiente. La creación de herramientas útiles es, por lo tanto, uno de los desafíos técnicos más importantes en la implementación de *big data*.<sup>14</sup> El procesamiento de datos en tiempo real es otro componente esencial en el modelo conceptual. El uso de algoritmos a través de *deep learning* (aprendizaje profundo) y *machine learning* (aprendizaje automático), elementos fundamentales en inteligencia artificial, permite predecir enfermedades o identificar oportunamente patologías complejas, lo que finalmente tiende a facilitar intervenciones tempranas.

En el contexto hospitalario, el uso de datos también en tiempo real ha demostrado que puede mejorar la eficiencia, sobre todo en aquellas unidades hospitalarias con gran carga asistencial.<sup>15</sup> El procesamiento también puede ser aplicable, por ejemplo, en el seguimiento de enfermedades crónicas, ya que puede identificar patrones de comportamiento clínico o riesgos que podrían pasar desapercibidos en la evolución de una enfermedad irreversible. El modelo conceptual también incluye la utilización de *big data* para la investigación científica.

Las bases de datos masivas permiten realizar estudios más amplios y detallados, lo que contribuye a descubrir nuevas asociaciones entre factores genéticos, ambientales y comportamentales que influyen en la salud. En este sentido, el modelo conceptual de *big data* también promueve el análisis de datos a nivel poblacional, para mejorar la salud pública en diferentes tipos de comunidades.<sup>16</sup> Las autoridades sanitarias pueden utilizarlo para rastrear brotes de enfermedades, identificar factores predisponentes y realizar intervenciones preventivas, lo que puede transformar la vigilancia epidemiológica, permitiendo una respuesta más rápida y eficaz ante emergencias sanitarias.<sup>17</sup>

# MODELO CONCEPTUAL DE *BIG DATA* APLICADO EN PSIQUIATRÍA

A continuación se describe cada una de las fases del modelo, y cómo podrían aplicarse en el contexto de la especialidad de psiquiatría.

## 1. Recopilación

La recopilación de datos es la primera fase del modelo conceptual e implica la obtención de datos de diversas fuentes, como registros electrónicos de salud, sensores portátiles, datos genéticos o datos de imágenes médicas (resonancia magnética, tomografía, radiografías simples, etc.), formularios, inventarios o cuestionarios. Los datos pueden ser estructurados o no estructurados, lo que hace necesario un enfoque multidisciplinario para su interpretación y manejo.<sup>18</sup> Para lograr este paso es fundamental la interacción con el paciente y contar con la información necesaria en tiempo y forma.

## 2. Almacenamiento

El almacenamiento es crucial para garantizar que los datos recopilados se conserven de manera segura y accesible. Los sistemas de almacenamiento deben ser capaces de manejar grandes volúmenes de datos que aseguren la escalabilidad y la protección de la privacidad. En este sentido, se discute el uso de bases de datos en la nube para almacenar datos relacionados con la salud mental, y de esa manera optimizar el acceso en tiempo real a la información de los pacientes para su análisis posterior.<sup>19</sup>

## 3. Procesamiento

El procesamiento de datos es la fase en la que se limpia, organiza y prepara la información para su análisis. Dado que los datos médicos son complejos y están dispersos en diferentes formatos, el procesamiento efectivo requiere técnicas avanzadas de minería de datos y procesamiento de lenguaje natural.

En el contexto de la psiquiatría, se explora cómo los algoritmos de procesamiento de datos pueden ayudar a analizar los informes clínicos de pacientes psiquiátricos para identificar patrones sintomáticos, que podrían no ser evidentes a simple vista.<sup>20</sup>

## 4. Análisis

El análisis de los datos implica el uso de herramientas avanzadas como el aprendizaje automático y la inteligencia artificial, para extraer conocimientos y patrones relevantes. En psiquiatría, este análisis puede ser crucial para predecir brotes de trastornos mentales o para identificar qué tratamientos son más efectivos para los enfermos. De esta manera, algoritmos predictivos pueden ser utilizados para an-

ticipar crisis en pacientes con trastornos bipolares o brotes psicóticos, crisis de ansiedad, entre otras patologías.<sup>21</sup>

## 5. Toma de decisiones

La fase final es la toma de decisiones, una vez analizados los resultados que incluyen la identificación de estrategias personalizadas para la atención. En psiquiatría, este proceso se puede aplicar para desarrollar planes de tratamiento farmacológicos (antidepresivos, antipsicóticos, benzodiazepinas, por ejemplo) o no farmacológicos (terapias psicológicas individuales o grupales) basados en datos previos, ayudando a los clínicos a tomar decisiones más informadas sobre la intervención más específica, segura y eficaz. También es útil para establecer cuáles son las mejores alternativas, si los esquemas de tratamiento convencionales no han funcionado para aquellos casos complejos, refractarios a tratamiento o atípicos.<sup>22</sup>

En la Tabla 1 se presentan las principales estrategias utilizadas en el manejo y análisis de datos en *big data*.

Tabla 1. Técnicas, procedimientos y herramientas para el manejo y análisis de datos en *big data*.<sup>23,24</sup>

ÁREA	TÉCNICA	DESCRIPCIÓN
Almacenamiento y procesamiento	Map-Reduce, Hadoop, Spark, bases de datos NoSQL	Herramientas para procesar y almacenar datos masivos distribuidos, para datos estructurados y no estructurados
Análisis	Análisis descriptivo, predictivo, prescriptivo, en tiempo real	Resumir datos históricos, predecir tendencias, hacer recomendaciones y procesar datos en tiempo real
Minería de datos	Clasificación, <i>clustering</i> , reglas de asociación, detección de anomalías	Métodos para categorizar, agrupar, encontrar relaciones y detectar patrones anómalos
Inteligencia artificial	Redes neuronales, regresión, árboles de decisión, procesamiento de lenguaje natural, aprendizaje por reforzamiento	Aprendizaje profundo, análisis predictivo, procesamiento de lenguaje natural
Visualización	Paneles interactivos, mapas de calor, gráficos avanzados	Interpretación de datos complejos mediante gráficos dinámicos e interactivos
Gestión y transformación	ETL, <i>data wrangling</i> , <i>data governance</i>	Procesos de extracción, transformación y limpieza de datos

## CONCLUSIÓN

A pesar de que el potencial de *big data* continúa evolucionando y aumentando, todavía se puede observar que está limitado por desafíos como la interoperabilidad de los sistemas, la calidad de los datos y la protección de la privacidad. Por otro lado, se ha establecido en forma unánime la necesidad de implementar marcos éticos actualizados que permitan garantizar el manejo adecuado y seguro de datos sensibles, especialmente en especialidades médicas como psiquiatría.

Se considera entonces que dos elementos son fundamentales para su implementación efectiva: trabajo multidisciplinario y estandarización de procesos. El uso de *big data* en la rama de la salud representa una revolución en la forma de abordar el diagnóstico, tratamiento y prevención de las enfermedades mentales en la comunidad.

Al integrar datos masivos provenientes de registros electrónicos de salud, genómica, neuroimágenes y biomarcadores, incluso a través de dispositivos móviles digitales, se han

abierto nuevas posibilidades para la personalización de la atención y la identificación temprana de riesgos o casos ya establecidos. El desarrollo de tecnologías que permitan analizar grandes volúmenes de información, identificar patrones complejos y favorecer intervenciones personalizadas, avanza a pasos agigantados.

En el caso de la especialidad de psiquiatría, el uso de *big data* se ha ido extendiendo, lo que se espera ayude a superar desafíos éticos, técnicos y poblacionales en breve tiempo. Abordar estas cuestiones permitirá desarrollar modelos más efectivos, mejorar la predicción de riesgos y avanzar en la atención personalizada, lo que sin lugar a dudas convertirá a *big data* en una herramienta indispensable para el futuro de la psiquiatría en particular. Se tiene confianza en que los avances continuos en inteligencia artificial y las herramientas de análisis, así como de protección de información, fortalezcan su desarrollo y refuercen todo lo relacionado a la salud mental, considerando que muchas condiciones ya se consideran problemas de salud pública.

## REFERENCIAS

1. Mallappallil M, Sabu J, Gruessner A, Salifu M. A review of big data and medical research. *SAGE Open Med* [Internet]. 2020;8:2050312120934839. <http://dx.doi.org/10.1177/2050312120934839>
2. Cohen IG, Amarasingham R, Shah A, Xie B, Lo B. The legal and ethical concerns that arise from using complex predictive analytics in health care. *Health Aff (Millwood)*. 2022;41(2):181-7. doi:10.1377/hlthaff.2021.01317
3. Ristevski B, Chen M. Big data analytics in medicine and healthcare. *J Integr Bioinform*. 2022;19(1):20210035. doi:10.1515/jib-2021-0035
4. Khoury MJ, Ioannidis JPA. Big data meets public health. *Science*. 2023;375(6585):1054-doi:10.1126/science.abj4538
5. Roski J, Bo-Linn GW, Andrews TA. Creating value in health care through big data: opportunities and policy implications. *Health Aff (Millwood)*. 2023;42(5):1080-5. doi:10.1377/hlthaff.2022.00211
6. Kruse CS, Goswamy R, Raval Y, Marawi S. Challenges and opportunities of big data in health care: a systematic review. *JMIR Med Inform*. 2021;9(2):e21737. doi:10.2196/21737
7. Goyal P, Malviya R. Challenges and opportunities of big data analytics in healthcare. *Health Care Sci* [Internet]. 2023;2(5):328-38. <http://dx.doi.org/10.1002/hcs2.66>
8. Wood RM. Implementing big data analytics in practice - A response to "Factors impacting the adoption of big data in healthcare: A systematic literature review". *Int J Med Inform* [Internet]. 2024;192:105637. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2024.105637>
9. Hassan M, Awan FM, Naz A, de Andrés-Galiana EJ, Alvarez O, Cernea A, et al. Innovations in genomics and big data analytics for personalized medicine and health care: a review. *Int J Mol Sci* [Internet]. 2022;23(9):4645. <http://dx.doi.org/10.3390/ijms23094645>
10. Rutledge RB, Chekroud AM, Huys QJ. Machine learning and big data in psychiatry: toward clinical applications. *Curr Opin Neurobiol* [Internet]. 2019;55:152-9. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conb.2019.02.006>
11. Raji M, Dandekar R, Aggarwal A. Privacy and security of health data in big data analytics. *J Med Syst* [Internet]. 2023;47(4):45. <http://dx.doi.org/10.1007/s10916-023-01948-4>
12. Arbez G, Birta L, Tolk A, Diallo SY, Rabelo L. Conceptual modeling: definition, purpose and benefits. In: Yilmaz L, Chan WKV, Moon I, Roeder T, Macal C, Rossetti MD, editors. *Proceedings of the 2015 Winter Simulation Conference*. Huntington Beach (CA): IEEE; 2015. p. 2812-26. <https://www.informs-sim.org/wsc15papers/277.pdf>
13. Li J, Liu Y, Lin K, et al. Integrating big data analytics into healthcare systems: challenges, opportunities, and future directions. *J Biomed Inform* [Internet]. 2021;113:103645. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jbi.2021.103645>
14. Zeng D, Jiang H, Liang Z, et al. Data integration and standardization for health information systems: a systematic review. *Health Inf Sci Syst* [Internet]. 2020;8(1):37. <http://dx.doi.org/10.1186/s13755-020-00306-z>
15. Zhang Y, Wang W, Li Y, et al. Real-time data analytics for healthcare: an overview and future perspectives. *Healthcare (Basel)* [Internet]. 2022;10(8):1579. <http://dx.doi.org/10.3390/healthcare10081579>
16. Thompson S, Vickers J. Personalized medicine and big data: transforming healthcare with precision treatments. *Clin Genet* [Internet]. 2022;101(5):583-90. <http://dx.doi.org/10.1111/cge.14143>
17. Pérez P, Silva L, Rosso F, et al. Big data analytics in public health surveillance: recent advances and challenges. *Int J Public Health* [Internet]. 2022;67:67. <http://dx.doi.org/10.1007/s00038-022-01858-x>
18. Kim K, Jeong SH, Lee H, et al. Integrating social and clinical data for mental health prediction: a big data approach. *J Psychiatr Res*. 2021;137:49-56. doi:10.1016/j.jpsychires.2021.02.008
19. Lee Y, Lee H, Choi J, et al. Cloud-based mental health data storage and access: a practical approach. *Health Inf Sci Syst*. 2022;10(1):13. doi:10.1186/s13755-022-00320-z
20. García A, Martínez J, Hernández I, et al. Data processing for psychiatric diagnosis: a machine learning approach. *J Med Syst*. 2023;47(7):80. doi:10.1007/s10916-023-01958-2
21. Patel A, McCrindle C, Ward E, et al. Predictive models for bipolar disorder crises using big data. *J Affect Disord*. 2022;305:149-57. doi:10.1016/j.jad.2022.02.024
22. Zhang Y, Zhang Z, Wang W, et al. Clinical decision support using big data for psychiatric care: applications and challenges. *Psychiatry Res*. 2021;298:113801. doi:10.1016/j.psychres.2021.113801

23. Raghupathi W, Raghupathi V. Big data analytics in health-care: promise and potential. *Health Inf Sci Syst.* 2014;2(1):3. doi:10.1186/2047-2501-2-3
24. Khan N, Yaqoob I, Hashem IAT, Inayat Z, Ali M, Kamaleldin W, et al. Big data: survey, technologies, opportunities, and challenges. *Sci World J.* 2014;2014:712826. doi:10.1155/2014/712826