

Från digitalt stödd hälso- och sjukvård till datadrivet beslutsfattande: hälsoinformatikerns roll

Nadia Davoody, Stefano Bonacina, Sabine Koch

Nadia Davoody, docent, Centrum för hälsoinformatik, Institutionen för lärande, informatik, management och etik, Karolinska Institutet, Stockholm. E-post: nadia.davoody@ki.se
 Stefano Bonacina, PhD, Centrum för hälsoinformatik, Institutionen för lärande, informatik, management och etik, Karolinska Institutet, Stockholm. E-post: stefano.bonacina@ki.se
 Sabine Koch, professor, Centrum för hälsoinformatik, Institutionen för lärande, informatik, management och etik, Karolinska Institutet, Stockholm. E-post: sabine.koch@ki.se
 DOI: <https://doi.org/10.62607/smt.v10i2i6.63445>

Hälso- och sjukvårdssektorn genererar stora och heterogena datamängder, och genom analys av dessa möjliggörs, precisionsmedicin, prediktiv diagnostik, förebyggande insatser och distansövervakning, men utvecklingen innebär också betydande utmaningar. Mastersprogrammet i hälsoinformatik, som sedan 2010 erbjuds av Karolinska Institutet och Stockholms universitet, ger studenter tvärvetenskapliga kompetenser för att möta dessa utmaningar. Som Sveriges enda engelskspråkiga mastersprogram i hälsoinformatik, attraherar programmet cirka 600 sökande årligen till 40 studieplatser, och har fram till 2025 examinerat 346 studenter. Examensarbeten har utvecklats från design och utvärdering av elektroniska journaler till interoperabilitet, distansövervakning, sekundäranvändning av hälsodata, prediktiv analys, artificiell intelligens och precisionsmedicin. Kontinuerlig anpassning till vårdens och industrins behov säkerställer att programmet förbereder studenter för kraven inom datadriven hälso-och sjukvård.

The healthcare sector generates large and heterogeneous data sets, and analyzing these enables precision medicine, predictive diagnostics, preventive care, and remote monitoring, but this development also poses significant challenges. The Joint Master's Programme in Health Informatics, offered by Karolinska Institutet and Stockholm University since 2010, equips students to meet these challenges by providing interdisciplinary competencies. As Sweden's only English-taught master's programme in health informatics, it attracts approximately 600 applicants annually for 40 study spots and has graduated 346 students as of 2025. Thesis projects have progressed from electronic health record design and evaluation to interoperability, remote monitoring, secondary data use, predictive analytics, artificial intelligence, and precision medicine. Continuous alignment with healthcare and industry needs ensures graduates are prepared for the demands of data-driven healthcare.

Inledning

Hälso- och sjukvårdssektorn genererar stora mängder data från heterogena källor, inklusive elektroniska patientjournaler, laboratorieinformationssystem, bilddiagnostiska metoder, sensorer, patientrapporterade utfall, hälsoenkäter, kliniska prövningar och administrativa register [1]. Under de senaste åren har hälso- och sjukvårdslandskapet genomgått en betydande transformation, driven av den snabba tillväxten av digital teknik, vilken möjliggör digitalt stödd hälso- och sjukvård, samt den ökande mängden hälsorelaterade data, vilket möjliggör mer informerat, datadrivet beslutsfattande – ofta beskrivet som datadriven vård. Denna digitala transformation har öppnat nya möjligheter inom precisionsmedicin, prediktiv diagnostik, förebyggande vård, hantering av kroniska sjukdomar och distansövervakning av patienter [2].

Integrationen av elektroniska patientjournaler, kliniska beslutsstödsystem, bärbara enheter, prediktiv analys och artificiell intelligens möjliggör en djupare förståelse av individuella hälsobanor och hälsotrender på populationsnivå [3]. Datadriven hälso- och sjukvård gör det möjligt att omvandla komplexa hälso-data till handlingsbara insikter som stödjer tidig diagnostik, individanpassade behandlingar och proaktiv vård. Genom att integrera nya teknologier för analys av hälsodata, såsom AI och realtidsanalys, kan beslutsfattande förbättras, fel reduceras och kostnader sänkas, vilket i slutändan stärker både patientutfall och systemeffektivitet [4–6].

Trots denna transformativa potential står implementeringen av datadriven hälso- och sjukvård inför flera betydande utmaningar. Ett stort hinder är fragmenteringen av hälsoinformationssystem och bristen på interoperabilitet mellan kliniska, administrativa och teknologiska domäner [1]. Hälso- och sjukvårdens IT infrastrukturer har länge haft svårt att hantera volymen, hastigheten, variationen och tillförlitligheten i vårddata, särskilt på grund av inkonsekvent metadata och klinisk kodning [7–9]. Skillnader i dataformat, isolerade IT system och varierande terminologier, i kombination med svag samordning och avsaknad av standarder, försvårar en smidig informationsintegration och analys som kan ge meningsfulla insikter. Dessa problem förvärras av bristen på enhetliga styrningsramverk, vilket hindrar aggregering och effektiv användning av hälsodata över olika vårdmiljöer [1].

Därutöver måste etiska och juridiska krav – inklusive grunder enligt dataskyddsförordningen (GDPR) för sekundär användning av data, skydd av patienters integritet och ändamålsenliga samtyckesmodeller – hanteras med stor omsorg, eftersom de kan begränsa datadelning och införandet av AI-baserade verktyg. Nyliga EU-initiativ såsom European Health Data Space (EHDS) och AI-förordningen (AI Act) kommer att ställa ytterligare krav på datadelning över nationsgränser [10–16].

Organisatorisk beredskap är en förutsättning för implementeringen av hälsoinformationssystem. Många vårdorganisationer saknar den strukturella och kulturella kapaciteten att fullt ut ta till sig datadrivna innovationer. Digitala hälsosatsningar misslyckas ofta med att ge långsiktig effekt på grund av bristande integration i kliniska arbetsflöden, otillräcklig anpassning till vårdprofessionernas behov, låg användbarhet och begränsat engagemang från användare i frontlinjen. Införandet av ny teknik kan störa befintliga kliniska arbetsflöden, öka den kognitiva belastningen för vårdpersonal och leda till digital utmattning om tekniken inte integreras genomtänkt i den dagliga verksamheten [17–19].

Avgörande är att dessa utmaningar är sociotekniska snarare än enbart tekniska. En framgångsrik implementering av digitala verktyg och datadrivna innovationer kräver en djup förståelse för kliniska arbetsflöden, vårdmodeller, interaktioner mellan patient och vårdgivare, organisationskulturer och regulatoriska miljöer. Alltför ofta utvecklas dock hälsoinformationssystem isolerat från den kliniska verkligheten, vilket resulterar i verktyg som är dåligt anpassade till sina avsedda användningsmiljöer och användare [20,21].

Syftet med denna artikel är att visa hur masterprogrammet i hälsoinformatik är utformat för att förbereda studenter för dessa utmaningar. Programmet integrerar perspektiv från medicin och hälsovetenskap, datavetenskap och samhällsvetenskap för att hjälpa studenter att utveckla de kompetenser som krävs för att stödja datadrivna förbättringar inom hälso- och sjukvården och bidra till en säker, tillgänglig, effektiv och personcentrerad vård.

Hälsoinformatikers roll

Att hantera dessa komplexa och flerdimensionella utmaningar kräver yrkesverksamma som kan arbeta i gränslandet mellan teknik och klinisk praxis. Hälsoinformatiker, med kompetens som förenar klinisk verksamhet och informationsteknologi, fungerar som viktiga mellanhänder. De kommunicerar effektivt med kliniker och forskare samt med systemutvecklare, informationsarkitekter och analytiker, och fungerar som översättare och integratörer av kunskap mellan olika discipliner. Deras unika roll omfattar inte bara att utforma och utvärdera digitala verktyg, utan även att säkerställa att dessa verktyg fungerar väl i komplexa kliniska miljöer.

Hälsoinformatiker översätter kliniska behov till specifikationer och krav för informatiklösningar och säkerställer därigenom att digitala verktyg inte bara är tekniskt välfungerande utan även kontextuellt lämpliga och användarcentrerade [22,23]. De bidrar på ett avgörande sätt till datastyrning genom arbete med standardisering av data, främjande av semantisk interoperabilitet, upprätthållande av skalbarhet samt skydd av etiska principer. Vidare spelar hälsoinformatiker en central roll i validering av AI-baserade verktyg och i att balansera konkurrerande

prioriteringar för att omvandla komplexa data till handlingsbar kunskap [24].

Som Amri och Abed [3] betonar kommer framtidens framgång för datadriven hälso- och sjukvård inte enbart att bero på teknologisk innovation, utan även på yrkesroller som har förståelse för både kliniska miljöer och digitala ekosystem. Betydelsen av sådana roller har uppmärksammats i kompetensramverk utvecklade av American Medical Informatics Association (AMIA) och International Medical Informatics Association (IMIA). Dessa ramverk betonar tvärvetenskaplig utbildning inom hälsovetenskaper, dataanalys, systemtänkande och implementeringsforskning [25–27].

Mot bakgrund av den snabba utvecklingen inom datadriven hälso- och sjukvård, och de tillhörande utmaningarna såsom standardisering, digital infrastruktur, interoperabilitet, datavisualisering, implementering och styrning, i kombination med det växande behovet av att integrera data och digital teknik i klinisk praxis, framgår det tydligt att dessa kompetenser inte längre är valfria utan nödvändiga.

Masterprogram i hälsoinformatik

Masterprogrammet i hälsoinformatik, som startade hösten 2010, är ett tvåårigt, heltidsstudieprogram på campus med tvärvetenskaplig inriktning. Programmet ges gemensamt av Karolinska Institutet (KI), Institutionen för lärande, informatik, management och etik, och Stockholms universitet (SU), Institutionen för data- och systemvetenskap. Detta unika samarbete förenar hälso- och sjukvård, informationsteknologi och datavetenskap och ger studenterna de kunskaper och färdigheter som krävs för avancerade karriärer inom digital hälsa. I Sverige är detta det enda internationella masterprogrammet i hälsoinformatik.

Studenter som fullföljer programmet förväntas kunna utforma, implementera och utvärdera hälsolösningar; analysera och tolka hälsodata för att stödja evidensbaserat beslutsfattande; bidra till och leda förbättringsinitiativ drivna av informatik; samt samarbeta effektivt med kliniska, administrativa och tekniska intressenter för att förbättra hälso- och sjukvården.

Utbildningsplanen reviderades 2012 och 2017 med IMIA:s kompetensramverk som vägledning [26]. Den ursprungliga versionen från 2010 var strukturerad över fyra terminer och inleddes med en termin med så kallade bryggkurser, som gav studenter med bakgrund inom hälso- och sjukvård respektive teknik en gemensam grund inom hälsoinformatik. Detta innefattade bland annat kurser i data- och systemvetenskap eller medicinska grunder, beroende på tidigare utbildning. Därefter specialiserade sig studenterna utifrån vald inriktning.

Den kliniska inriktningen omfattade projektledning och IT-implementering, medan den tekniska inriktningen fokuserade på avancerade hälsoinformations-system och interoperabilitet, och senare även maskininlärning. Samtliga stu-

denter läste även kurser i exempelvis fallbaserad modellering, forskningsmetodik och simulering, och avslutade utbildningen med ett examensarbete om 30 högskolepoäng.

Revideringen 2012 behöll den inledande bryggterminen men avskaffade indelningsstrukturen, vilket gjorde att alla studenter kunde läsa samma kurser oberoende av bakgrund. Den andra terminen fokuserade på grundläggande kunskaper och färdigheter inom hälsoinformatik, inklusive modellering av användarbehov, utvärderingsmetoder, standarder och projektarbete. Den tredje terminen introducerade metoder för kliniskt beslutsstöd, modellering, simulering och visualisering inom hälsoinformatik, tillsammans med ett omfattande block av valbara kurser som gav studenterna möjlighet att profilera sig eller studera internationellt. Den fjärde terminen ägnades helt åt examensarbetet.

Programmets lärandemål betonade breda och fördjupade kunskaper inom hälsoinformatik, metodologisk kompetens, förmåga att hantera komplexa företeelser samt kapacitet för både forskning och kvalificerat professionellt arbete.

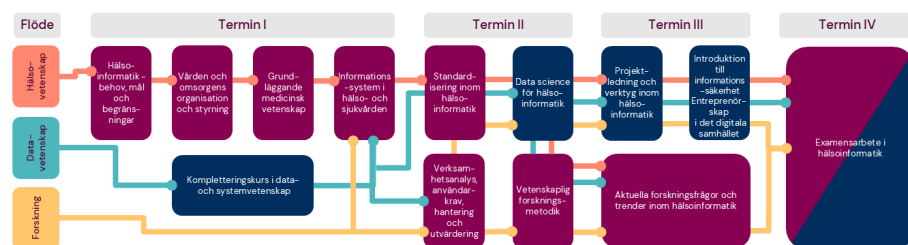
Sedan 2017 har programmet haft som mål att bättre förbereda studenter för en datadriven hälso- och sjukvård. Den uppdaterade utbildningsplanen introducerar en särskild kurs i datavetenskap/data science, vilket säkerställer att studenterna utvecklar de tekniska kompetenser som krävs för att effektivt analysera och tolka hälsodata [28]. Ett ökat fokus läggs på standardisering och interoperabilitet, vilket ger studenterna en starkare grund för att tillämpa enhetliga ramverk i olika digitala hälsoinformationssystem.

Programmet omfattar även framväxande områden såsom informationssäkerhet, entreprenörskap i det digitala samhället samt aktuell forskning och rådande trender inom hälsoinformatik. Därigenom anpassas utbildningen till det snabbt föränderliga landskapet för digital hälsa och dess relaterade sociotekniska aspekter. Sammantaget syftar dessa förändringar till att ge utexaminerade studenter de kompetenser som krävs för att driva innovation och stödja en effektiv, datadriven hälso- och sjukvård. Figur 1 visar struktur och flödet av kurser inom det gemensamma masterprogrammet i hälsoinformatik och belyser deras kopplingar till hälsovetenskap, datavetenskap och forskning.

Programmets utveckling och antagning

Sedan programmets start, under perioden 2010 till 2025, har 346 studenter tagit examen. För närvarande lockar programmet cirka 600 sökande från hela världen, som konkurrerar om 40 tillgängliga studieplatser per år. Under de senaste fyra åren har antalet sökande till masterprogrammet i hälsoinformatik stadigt ökat – från 465 år 2022 till 627 år 2025 – vilket speglar ett växande intresse för programmet.

De sökande har heterogena professionella bakgrunder, inklusive hälso- och



Figur 1. Översikt över kursflödet i det gemensamma masterprogrammet. I figuren syns även hur kurserna är kopplade till hälsovetenskap, datavetenskap, och forskning. Ett klot i slutet av en linje symboliserar en koppling mellan flöde och specifik kurs. Kurser som visas i lila ges av KI, medan kurser i blått ges av SU.

sjukvård och medicin, teknik, systemutveckling och design. Denna mångfald är central för programmets upplägg och främjar tvärvetenskapligt samarbete för att hantera komplexa utmaningar inom hälsoinformatik. Studenterna kommer från Sverige samt andra europeiska länder såsom Tyskland, Spanien och Italien, liksom från länder i Asien och Afrika, däribland Kina, Indien, Malaysia, Indonesien, Myanmar, Nigeria och Kenya, samt från Nord- och Sydamerika och Mellanöstern.

De examinerade studenterna gör karriär både i Sverige och internationellt och verkar inom en rad olika sektorer, såsom hälso- och sjukvård, forskning, privat näringsliv, statliga organisationer och folkhälsoinstitutioner. Deras roller är också mycket varierande och inkluderar exempelvis hälsoinformatiker, data scientists, produktägare, ansvariga för globala regulatoriska frågor, forskare, lektorer, ansvariga för digital vårdssäkerhet och regelverk, utvecklare av medicinskt innehåll, informationsarkitekter, kravanalytiker, lösningsarkitekter, medicinska/kliniska informationschefer, ansvariga för digital transformation, ansvariga för klinisk terminologi, informationssäkerhetsansvariga, experter på systemintegration samt IT-konsulter.

Forskning och examensarbeten

De masterexamensarbeten som genomförs inom masterprogrammet i hälsoinformatik speglar de förändrade behoven och utvecklingen inom datadriven hälso- och sjukvård. Tidigare examensarbeten fokuserade främst på områden såsom design och utvärdering av elektroniska patientjournaler eller digitala verktyg. Med tiden har inriktningen breddats till att omfatta områden som standardisering och interoperabilitet, distansövervakning av patienter och telekonsultationer, sekundär användning av hälsodata, avancerad dataanalys, prediktiv diagnostik, artificiell intelligens inom hälso- och sjukvård, precisionsmedicin samt hantering av kroniska sjukdomar.

Denna utveckling understryker hälsoinformatikerns centrala roll i att bygga

och vidareutveckla den digitala och analytiska infrastruktur som är nödvändig för dagens hälso- och sjukvårdssystem. Tabell 1 illustrerar hur examensarbetenas ämnesområden inom programmet har utvecklats över mer än ett decennium för att möta framväxande utmaningar och de ökande kraven inom data-driven hälso- och sjukvård.

Tabell 1. Översikt över examensarbetenas ämnesområden och deras relation till datadriven hälso- och sjukvård. Förkortningar: artificiell intelligens, elektronisk patientjournal, maskininläring, Systematized Nomenclature of Medicine – Clinical Terms (SNOMED CT).

Period	Huvudsakliga fokusområden i examensarbeten	Exempel på ämnen / representativa teman	Relation till datadriven hälso- och sjukvård
2012–2013	Design och utvärdering av digitala verktyg, elektroniska patientjournaler och kliniska beslutsstödsystem, personcentrerad vård	Utvärderingsstudier, virtuella patientsimuleringar, integration i arbetsflöden, data- och informationsutbyte	Tidig fas av digital transformation med fokus på behovsanalys, förbättrad användbarhet och utforskande av implementering i befintliga infrastrukturer i både höginkomstländer och låg- och medelinkomstländer
2014–2016	Standardisering och interoperabilitet, informations- och arbetsflödesmodellering, sekundär användning av data	Användning av patientjournal-data för forskning, dataharmonisering, flernivåmodellering av data, bildanalys och textutvinning av kliniska journalanteckningar	Växande intresse för strukturerade och standardiserade data för både primär och sekundär användning samt tidiga steg mot skapandet av interoperabla informationssystem
2017–2019	Prediktiv modellering, kliniskt beslutsstöd, processautomatisering	Maskininläring för diagnostik och prognostik, AI för infektionsdetektion, optimering av digitala arbetsflöden	Ökat analytiskt fokus med tillämpning av datavetenskap och AI i kliniska sammanhang
2020–2022	Distansvård, hälsoinformatik för konsumenter, tvärvetenskapligt samarbete, sekundär användning av data	Videobaserade distanskonsultationer, samarbetsverktyg, etiska aspekter och datasäkerhet	Integration av digitala informationssystem för personcentrerad vård samt tidiga steg mot ett gemensamt hälsodataområde
2023-present	Maskininläring, multimodal dataintegration, artificiell intelligens, precisionsmedicin, nationella informationsmodeller	AI för sjukdomsprediktion, rättvisa (fairness) inom maskininläring, prediktiv modellering, multimodal ML för onkologi och obesitas, terminologimappning och ramverk för semantisk interoperabilitet	Återspeglar ett datastött perspektiv med fokus på precisionsmedicin, AI-baserat beslutsstöd, förklarbar AI samt sekundär användning av hälsodata för att optimera vårdleverans, stödja klinisk forskning och förbättra patientvård

Bidrag till området och förväntade kompetenser

De samlade examensarbetena omfattar ett brett spektrum från digitala stöd till datadrivna lösningar och adresserar centrala utmaningar inom precisionsmedicin, kliniskt beslutsfattande, effektivitet i arbetsflöden, informationsutbyte, användarcentrerad design, patientengagemang och etisk användning av data. Dessa områden ligger nära de kompetenser som lyfts fram i den aktuella litteraturen [29–33]. Ett starkt fokus läggs på design och utvärdering, med användbarhetsstudier av elektroniska patientjournaler, gränssnitt för virtuell verklighet, mobila hälsoapplikationer och tjänster för distanskonsultation. Studierna tillämpar användarcentrerad design och återkoppling från intressenter för att säkerställa att digitala lösningar är praktiska, säkra och effektiva. Enligt tidigare forskning [26] har dessa kompetenser identifierats som avgörande för att styra utformningen och implementeringen av digitala hälsolösningar.

Digitala och distansbaserade hälsoinnovationer utgör ett annat centralt fokusområde, inklusive telemedicin, mobila applikationer, verktyg för virtuell verklighet, konverserande agenter samt system för fjärrövervakning. Dessa teknologier syftar till att förbättra användbarhet, tillgänglighet och personcentrerad vård. Parallellt fokuserar flera projekt på att vidareutveckla standardisering och interoperabilitet genom strukturerade datamodeller, OpenEHR-arketyper samt integration av odontologiska och medicinska journaler. Dessa insatser stärker den semantiska samordningen och möjliggör datautbyte mellan system, vilket förbättrar kliniska arbetsflöden och stödjer evidensbaserad vård. Kompetenser inom dessa områden betonas konsekvent i tidigare forskning [29–31].

Artificiell intelligens och maskininlärning undersöks också i syfte att förbättra tolkbarhet, diagnostisk precision och utvecklingen av precisionsmedicin. Dataskydd, informationssäkerhet och etiska överväganden är genomgående centrala i flera projekt, däribland utvärderingar av integritetspolicys i mobila hälsoapplikationer och ramverk för AI-baserade prediktiva modeller. Att utveckla kompetenser inom dessa områden anses vara nödvändigt enligt tidigare studier [30,32].

Avslutande reflektioner

Med beaktande av de möjligheter och utmaningar som datadrivna ansatser inom hälso- och sjukvård innebär spelar universiteten en avgörande roll i att förbereda framtidens hälsoinformatiker med de kompetenser som krävs för att lyckas i ett snabbt föränderligt fält. Lika viktigt är den kontinuerliga analysen av vårdorganisationers och industrins förväntningar och behov för att säkerställa att utbildningarna förblir i linje med hälso- och sjukvårdens föränderliga krav. Insikter från sådana utvärderingar kan ligga till grund för utveckling och re-

videring av utbildningsprogram och säkerställa att kursplaner överensstämmer med verklighetens behov. Genom att främja starka kopplingar mellan akademi, klinisk verksamhet och industri kan utbildningsinstitutioner ge yrkesverksamma verktygen för att leda innovation och möta de komplexa utmaningarna i framtidens hälso- och sjukvårdssystem.

Tack,

Vi tackar Luis Quintero för skapandet av figur 1 och Marie Lind för vidare bearbetning av figuren.

Referenser

1. Freitas AT. Data-driven approaches in healthcare: Challenges and emerging trends. In: Sousa Antunes H, Freitas PM, Oliveira AL, Martins Pereira C, Vaz de Sequeira E, Barreto Xavier L, editors. *Multi-disciplinary perspectives on artificial intelligence and the law*. Cham: Springer; 2024. p. 65–80. (Law, Governance and Technology Series; vol. 58). doi:10.1007/978-3-031-41264-6_4.
2. De la Torre K, Min S, Lee H, Kang D. The Application of Preventive Medicine in the Future Digital Health Era. *J Med Internet Res*. 2025;27:e59165. doi:10.2196/59165
3. Amri MM, Abed SA. The data-driven future of healthcare: a review. *Mesopotamian J Big Data*. 2023;2023:68–74. doi:10.58496/MJBD/2023/010
4. El Arab RA, Al Moosa OA. Systematic review of cost effectiveness and budget impact of artificial intelligence in healthcare. *NPJ Digit Med*. 2025;8(1):548. doi:10.1038/s41746-025-01722-y
5. Ferrara M, Bertozzi G, Di Fazio N, Aquila I, Di Fazio A, Maiese A, et al. Risk Management and Patient Safety in the Artificial Intelligence Era: A Systematic Review. *Healthcare (Basel)*. 2024;12(5):549. doi:10.3390/healthcare12050549
6. Fahim YA, Hasani IW, Kabba S, Ragab WM. Artificial intelligence in healthcare and medicine: clinical applications, therapeutic advances, and future perspectives. *Eur J Med Res*. 2025;30(1):848. doi:10.1186/s40001-025-03196-w
7. Kruse CS, Goswamy R, Raval Y, Marawi S. Challenges and Opportunities of Big Data in Health Care: A Systematic Review. *JMIR Med Inform*. 2016;4(4):e38. doi:10.2196/medinform.5359
8. Otero P, Hersh W, Jai Ganesh AU. Big Data: Are Biomedical and Health Informatics Training Programs Ready? Contribution of the IMIA Working Group for Health and Medical Informatics Education. *Yearb Med Inform*. 2014;9(1):177-181. doi:10.15265/IY-2014-0007
9. Awrahman BJ, Aziz Fatah C, Hamaamin MY. A Review of the Role and Challenges of Big Data in Healthcare Informatics and Analytics. *Comput Intell Neurosci*. 2022;2022:5317760. doi:10.1155/2022/5317760.
10. Pastorino R, De Vito C, Migliara G, et al. Benefits and challenges of Big Data in healthcare: an overview of the European initiatives. *Eur J Public Health*. 2019;29(Supplement_3):23-27. doi: 10.1093/eurpub/ckz168.
11. Auffray C, Balling R, Barroso I, Bencze L, Benson M, Bergeron J, et al. Making sense of big data in health research: Towards an EU action plan. *Genome Med*. 2016;8(1):71. doi:10.1186/s13073-016-0323-y
12. Pablo RJ, Roberto DP, Victor SU, Isabel GR, Paul C, Elizabeth OR. Big data in the healthcare system: a synergy with artificial intelligence and blockchain technology. *J Integr Bioinform*. 2021;19(1):20200035. doi:10.1515/jib-2020-0035
13. Becker R, Chokoshvili D, Dove ES. Legal bases for effective secondary use of health and genetic data in the EU: time for new legislative solutions to better harmonize data for cross-border sharing? *Int Data Priv Law*. 2024;14(3):223–46.
14. Weiner EB, Dankwa-Mullan I, Nelson WA, Hassanpour S. Ethical challenges and evolving strategies in the integration of artificial intelligence into clinical practice. *PLOS Digit Health*. 2025;4(4):e0000810. doi: 10.1371/journal.pdig.0000810.

15. Shah K, Leow K, Janssen A, Shaw T, Stewart C, Kerridge I. Ethical and legal considerations governing use of health data for quality improvement and performance management: a scoping review of the perspectives of health professionals and administrators. *BMJ Open Qual.* 2025;14(2):e003309. doi: 10.1136/bmjopen-2025-003309.
16. European Commission. Reuse of health data [Internet]. Brussels: European Commission; 2025 [updated 2025 Oct 21; cited 2026 Jan 09]. Available from: https://health.ec.europa.eu/ehealth-digital-health-and-care/reuse-health-data_en
17. Olakotan O, Samuriwo R, Ismaila H, Atiku S, et al. Usability challenges in electronic health records: impact on documentation burden and clinical workflow: a scoping review. *J Eval Clin Pract.* 2025;31(4):e70189.
18. Granja C, Janssen W, Johansen MA. Factors Determining the Success and Failure of eHealth Interventions: Systematic Review of the Literature. *J Med Internet Res.* 2018;20(5):e10235. doi:10.2196/10235
19. Gutenstein M, Pickering JW, Than M. Development of a digital clinical pathway for emergency medicine: Lessons from usability testing and implementation failure. *Health Informatics Journal.* 2018;25(4):1563-1571. doi:10.1177/1460458218779099
20. Tummers J, Tekinerdogan B, Tobi H, Catal C, Schalk B. Obstacles and features of health information systems: A systematic literature review. *Comput Biol Med.* 2021;137:104785. doi:10.1016/j.compbiomed.2021.104785
21. Epizitone A, Moyane SP, Agbehadji IE. A Systematic Literature Review of Health Information Systems for Healthcare. *Healthcare (Basel).* 2023;11(7):959. doi:10.3390/healthcare11070959
22. Hersh W. A stimulus to define informatics and health information technology. *BMC Med Inform Decis Mak.* 2009;9:24. doi:10.1186/1472-6947-9-24
23. Eappen P, Stedman I, Gunn V. Transforming healthcare: the role of health informatics and provider perspectives. In: Vajjhala NR, Martiri E, Dalipi F, Yang B, editors. *Artificial Intelligence in Healthcare Information Systems—Security and Privacy Challenges.* Cham: Springer; 2025. p. 1–15. (Information Systems Engineering and Management; vol 34). doi:10.1007/978-3-031-84404-1_1
24. Nøhr C, Kuziemyk CE, Elkin PL, Marcilly R, Pelayo S. Sustainable Health Informatics: Health Informaticians as Alchemists. *Stud Health Technol Inform.* 2019;265:3-11. doi:10.3233/SHTI190129
25. Gardner RM, Overhage JM, Steen EB, Munger BS, Holmes JH, Williamson JJ, et al. Core content for the subspecialty of clinical informatics. *J Am Med Inform Assoc.* 2009;16(2):153-157. doi:10.1197/jamia.M3045.
26. Mantas J, Ammenwerth E, Demiris G, Hasman A, Haux R, Hersh W, et al. Recommendations of the International Medical Informatics Association (IMIA) on Education in Biomedical and Health Informatics. First Revision. *Methods Inf Med.* 2010;49(2):105-120. doi: 10.3414/ME5119.
27. Bichel-Findlay J, Koch S, Mantas J, Abdul SS, Al-Shorbaji N, Ammenwerth E, et al. Recommendations of the International Medical Informatics Association (IMIA) on Education in Biomedical and Health Informatics: Second Revision. *Int J Med Inform.* 2023;170:104908. doi:10.1016/j.ijmedinf.2022.104908
28. Karolinska Institutet. Joint Master's Programme in Health Informatics - Programme syllabus [Internet]. Stockholm: Karolinska Institutet; 2017 [cited 2025 Nov 12]. Available from: <https://education.ki.se/programme/joint-masters-programme-in-health-informatics#tab-programme-syllabus>
29. Davies A, Mueller J, Moulton G. Core competencies for clinical informaticians: A systematic review. *Int J Med Inform.* 2020 Sep;141:104237. doi: 10.1016/j.ijmedinf.2020.104237.
30. Monkman H, Mir S, Borycki EM, Courtney KL, Bond J, Kushniruk AW. Updating professional competencies in health informatics: A scoping review and consultation with subject matter experts. *Int J Med Inform.* 2023;170:104969. doi:10.1016/j.ijmedinf.2022.104969
31. Monkman H, Mir S, Bond J, Borycki EM, Courtney KL, Kushniruk AW. Canadian employers' perspectives on a new framework for health informatics competencies. *Int J Med Inform.* 2024 Mar;183:105324. doi: 10.1016/j.ijmedinf.2023.105324.
32. Rees G, Nowell L, Risling T. Shaping the Future of Digital Health Education in Canada: Prioritizing Competencies for Health Care Professionals Using the Quintuple Aim. *JMIR Med Educ.* 2025;11:e75904. Published 2025 Sep 8. doi:10.2196/75904
33. Chikware AB, Roman NV, Davids EL. Improving health informatics competencies: a scoping review of the components of health informatics academic programs. *Sage Open.* 2024;14(4). doi:10.1177/21582440241293259.