

**VLERAT E HUMBURA NË MONITORIMIN E RITJES
PEDIATRIKE: STUDIM KRAHASUES I ALGORITMEVE TË
IMPUTIMIT TË SHUMËFISHTË NË SERI KOHORE
ANTROPOMETRIKE**

Anastasia KINOLLI

Eljona TASHO

Fakulteti i Shkencave Natyrore dhe Shkencave Humane
Universiteti "Fan S. Noli", Korçë,

a.kinolli123@gmail.com

Fakulteti i Shkencave Natyrore dhe Shkencave Humane
Universiteti "Fan S. Noli", Korçë,

emilo@unkorce.edu.al

Përmbledhje

Mungesa e të dhënave në studimet gjatësore pediatrike kompromenton besueshmërinë e vlerësimeve statistikore, veçanërisht kur norma e mungesave rritet në mënyrë progresive me kalimin e kohës. Ky punim krahason performancën e tre algoritmeve të imputimit të shumëfishtë, MICE, Amelia II dhe kNN, mbi një bazë të dhënash prej 305 fëmijësh të ndjekur nga lindja deri në moshën 24 muaj në dy qendra të kujdesit parësor në Korçë, ku përqindja e mungesave rritet nga 1% në lindje në 32.8% në muajin e 24-t. Në një eksperiment simulimi mbi nënkampionin e 154 rasteve të plota (gold standard), u simuluan mungesa artificiale në katër nivele (5%, 10%, 20%, 30%) dhe u vlerësua saktësia e secilit algoritmë përmes gabimit mesatar katror (RMSE) dhe anshmërisë (bias) së standardizuar. MICE rezultoi algoritmi më i qëndrueshëm, me anshmëri minimale dhe degradim më të ngadaltë të saktësisë me rritjen e mungesave, ndërsa kNN ishte superior vetëm në nivele të ulëta mungesash. Pas aplikimit të MICE mbi bazën e plotë origjinale dhe konvertimit në pikë-standarde sipas normave ndërkombëtare të rritjes nga OBSH (2006), kohorta shfaqti devijim pozitiv të qëndrueshëm për peshën dhe perimetrin e kokës, si dhe një përmbysje të papritur të gjatësisë nga pozitive në negative në moshën 24 muaj. Këto gjetje mbështesin MICE si zgjidhje të qëndrueshme për imputimin e të dhënave antropometrike me modele progresive mungesash dhe evidentojnë një devijim gjatësor që kërkon hetim të mëtejshëm metodologjik. Përpunimi i të dhënave dhe analizat statistikore u realizuan tërësisht në mjedisin e programimit R, me kode dhe skripte të ndërtuara nga vetë autorët e studimit, duke garantuar transparencë dhe riprodhueshmëri të plotë të procesit analitik.

Fjalët kyçe: imputim i shumëfishtë, të dhëna gjatësore, mungesa progresive, standarde ndërkombëtare të rritjes.

MISSING DATA IN PEDIATRIC GROWTH MONITORING: A COMPARATIVE STUDY OF MULTIPLE IMPUTATION ALGORITHMS ON ANTHROPOMETRIC TIME SERIES

Abstract

Missing data in longitudinal pediatric studies compromises the reliability of statistical estimates, particularly when the missingness rate increases progressively over time. This paper compares the performance of three multiple imputation algorithms, MICE, Amelia II and kNN, on a dataset of 305 children followed from birth to 24 months at two primary healthcare centers in Korça, Albania, where missingness rises from 1% at birth to 32.8% at 24 months. In a simulation experiment on a subsample of 154 complete cases (gold standard), artificial missingness was simulated at four levels (5%, 10%, 20%, 30%) and algorithm accuracy was assessed through standardized root mean square error (RMSE) and bias. MICE proved the most stable algorithm, with minimal bias and the slowest accuracy degradation as missingness increased, while kNN was only superior at low missingness levels. After applying MICE to the full original dataset and converting values to standardized scores using the 2006 international growth references of WHO, the cohort showed a consistent positive deviation for weight and head circumference, along with an unexpected reversal in length from positive to negative at 24 months. These findings support MICE as a robust solution for imputing anthropometric data with progressive missingness patterns and highlight a length deviation warranting further methodological investigation. Data processing and statistical analyses were carried out entirely in the R programming environment, with all code and scripts developed by the study's own authors, ensuring full transparency and reproducibility of the analytical process.

Keywords: multiple imputation, longitudinal data, progressive missingness, international growth standards.

HYRJE

Vlerat e humbura përbëjnë një nga sfidat kryesore në analizën e të dhënave, veçanërisht në studimet që përfshijnë matje antropometrike. Prania e tyre mund të ndikojë në përfaqësimin e kampionit dhe në vlefshmërinë e rezultateve statistikore. Për këtë arsye, trajtimi i

vlerave të humbura duhet të bazohet në karakteristikat reale të të dhënave dhe në marrëdhëniet ndërmjet variablave antropometrikë. Në këtë punim, vlerat e humbura do të analizohen dhe plotësohen duke përdorur të dhëna antropometrike reale, me qëllim ruajtjen e shpërndarjes natyrore të variablave dhe minimizimin e paragjykitimit në rezultatet përfundimtare.

Një foshnjë e gjinisë femër lind në maternitetin e Korçës me peshë 2790 gr, gjatësi 49 cm dhe perimetër koke 34 cm. Përgjatë katër muajve në vazhdim, prindërit ndjekin vizitat mujore pranë konsultores, sipas rregullores, dhe më pas njoftojnë se familja do të zhvendoset jashtë vendit. Rikthimi kur fëmija ka mbushur moshën 1 vjeç (apo edhe më shumë) sjell një zinxhir mungesash me ndikim në disa nivele, duke përfshirë vendimet klinike dhe vonesat në ndërhyrjen në kohën e duhur. Ky rast, në pamje të parë i zakonshëm, përfaqëson vetëm një nga shumë situatat e evidentuara gjatë mbledhjes së të dhënave në dy qendra konsultorësh në qytetin e Korçës, dhe ilustron pse mungesa e ndjekjes së vazhdueshme nuk përbën thjesht një sfidë logjistike, por një sfidë statistikore me pasoja të matshme për cilësinë e inferencave shkencore.

Implikimet e kësaj mungese shtrihen në disa nivele. Së pari, në perspektivën klinike, ndërprerja e monitorimit vështirëson identifikimin në kohë të problematikave të mundshme shëndetësore, si kequshqyerja apo vonesat në zhvillim. Së dyti, në aspektin e politikëbërjes, autoritetet e shëndetit publik bazojnë vendimmarrjen e tyre në të dhënat e disponueshme; prania e vlerave të munguara në përqindje të konsiderueshme kompromenton cilësinë e analizave dhe, për rrjedhojë, hartimin e strategjive efektive në fushën e shëndetit publik. Trajtimi statistikor rigoroz i vlerave të munguara merr kështu një rëndësi të veçantë, pasi mundëson përmirësimin e cilësisë së të dhënave dhe rrit besueshmërinë e përfundimeve të nxjerra prej tyre.

Monitorimi i rritjes antropometrike gjatë 24 muajve të parë të jetës është një komponent kritik i kujdesit shëndetësor parësor. Megjithatë, në qendrat e konsultoreve në qytetin e Korçës, mbledhja e të dhënave gjatësore pengohet ndjeshëm nga vlerat e munguara, të shkaktuara kryesisht nga ndërprerja e vizitave rutinë. Trajtimi i kësaj mungese me metoda tradicionale, si fshirja e rasteve jo të plota (listwise deletion), redukton fuqinë statistikore dhe deformon trajektorët reale

të rritjes, duke penguar krahasimin e saktë me standardet ndërkombëtare të rritjes.

Metodat e Imputimit të Shumëfishtë (MI), në veçanti MICE, Amelia II dhe qasjet e bazuara në ngjashmëri si kNN, janë zhvilluar si alternativë rigoroze ndaj metodave ad-hoc, sepse prodhojnë vlerësime të paanshme nën supozimin e mungesave të rastësishme me kusht (MAR) dhe ruajnë variabilitetin biologjik të popullatës. Studime krahasuese mbi metoda të ndryshme të vlerësimit të vlerave të munguara janë kryer edhe në fusha të tjera, si p.sh. në seritë kohore reale (Tasho dhe Zeqo, 2022), por literatura krahasuese mbi performancën e këtyre algoritmeve mbi të dhëna antropometrike pediatrike me strukturë progresive mungesash mbetet e kufizuar. Ky punim adreson dy pyetje kërkimore: (1) cili nga algoritmet MICE, Amelia II apo kNN është më efektiv në minimizimin e gabimit dhe anshmërisë gjatë imputimit të të dhënave antropometrike dhe (2) si krahasohen trajektoret e rindërtuara, sipas metodës më efektive, me kurbat teorike ndërkombëtare të rritjes.

METODOLOGJIA E PËRDORUR

Baza e të dhënave përmban matje gjatësore të 305 fëmijëve të ndjekur nga lindja deri në moshën 24 muaj, pranë dy qendrave të kujdesit parësor shëndetësor në Korçë, me matje të peshës, gjatësisë dhe perimetrit të kokës në shtatë periudha kohore (0, 2, 4, 6, 9, 12 dhe 24 muaj), gjithsej 21 variabla numerikë. Mungesat janë të shpërndara në mënyrë progresive: nga rreth 1% në matjet e lindjes deri në 32.8% në muajin e 24-t, model konsistent me mekanizmin MAR, i lidhur me moshën dhe me faktorë socialë të padokumentuar drejtpërdrejt në bazën e të dhënave (p.sh. lëvizshmëri gjeografike).

Nga baza origjinale u izoluan 154 raste tërësisht të plota (50.5% e kampionit), të përdorura si bazë reference (“gold standard”) për pyetjen e parë kërkimore. Para imputimit, të gjithë variablat u standardizuan (pikë-standarde, $\mu=0$, $\sigma=1$) mbi bazën e parametrave të gold standard-it, për të siguruar krahasim të drejtë të gabimit ndërmjet variablave me shkallë matëse të ndryshme (gram kundrejt centimetër).

Eksperimenti i simulimit (Pyetja e parë kërkimore)

Mbi nënkampionin e 154 rasteve u simuluan mungesa artificiale të tipit MCAR (Missing Completely at Random) në katër nivele (5%, 10%, 20%, 30%), secili nivel i përsëritur në 10 replikime të pavarura sipas kuadrit metodologjik të rekomanduar për dizenjimin e simulimeve krahasuese (Burton et al., 2006). Mekanizmi MCAR u përzgjedh sepse garanton kushte fillestare identike për të tre algoritmet dhe lejon atribuimin e çdo ndryshimi në saktësi tek vetë algoritmi, jo tek struktura e mungesave (Little dhe Rubin, 2002); mungesat reale të bazës së të dhënave janë megjithatë të motivuara nga faktorë socialë dhe raportohen si kufizim metodologjik.

U aplikuan tre algoritme: MICE me metodën Predictive Mean Matching, me $m=20$ imputime, në përputhje me rregullin që numri i imputimeve duhet të jetë të paktën i barabartë me përqindjen e rasteve jo të plota (Van Buuren, 2018; Royston dhe White, 2011); Amelia II, i bazuar në algoritmin EMB (Expectation-Maximization me Bootstrap), me $m=20$ imputime dhe parametër empirik $prior=0.01 \times n$ për shmangien e singularitetit të matricës së kovariancës (Honaker, King dhe Blackwell, 2011); dhe kNN me $k=5$ fqinjë të përafërt, bazuar në distancën Euklidiane, metodë e dokumentuar si efektive për të dhëna biologjike (Troyanskaya et al., 2001; Kowarik dhe Templ, 2016). Të tre algoritmet ndajnë supozimin themelor MAR, por ndryshojnë thelbësisht në filozofinë e modelimit: MICE modelon çdo variabël veçmas përmes ekuacioneve të lidhura, duke ofruar fleksibilitet maksimal për tipe të ndryshme të dhënash; Amelia II modelon shpërndarjen e plotë multivariate njëkohësisht, çka e bën efikase llogaritjen por të varur nga supozimi i normalitetit; ndërsa kNN nuk bën asnjë supozim mbi shpërndarjen, duke u mbështetur tërësisht në ngjashmërinë strukturore midis vëzhgimeve, duke u konsideruar si avantazh në kushte të dendura të dhënash, por edhe pikë e dobët kur boshllëqet rriten.

Performanca e secilit algoritëm u vlerësua përmes gabimit mesatar katror (RMSE) dhe anshmërisë (bias) mesatare, të standardizuara dhe llogaritura vetëm mbi pozicionet e maskuara artificialisht, në përputhje me praktikën standarde të raportimit të saktësisë (Willmott dhe Matsuura, 2005).

Aplikimi mbi bazën e plotë të të dhënave (Pyetja e dytë kërkimore)

Algoritmi me performancën më të mirë MICE, si rezultat i pyetjes së parë kërkimore, u aplikua mbi bazën e plotë origjinale (305 fëmijë, $m=20$, $seed=333$), dhe vlerat e imputuara u konvertuan në pikëstandarde (WAZ, LAZ, HCZ) sipas standardeve ndërkombëtare të rritjes të fëmijëve, botuar në vitin 2006 (World Health Organization, 2006; De Onis et al., 2007). Devijimi nga referenca ndërkombëtare u testua me teste-t për një kampion ($H_0: \mu_Z=0$), me korrigjim Bonferroni për 21 teste të njëkohshme ($\alpha'=0.05/21=0.00238$), ndërsa madhësia praktike e efektit u vlerësua me koeficientin Cohen's d ($d=MeanZ/SDZ$), sipas pragjeve konvencionale: i papërfillshëm (<0.20), i vogël ($0.20-0.49$), mesatar ($0.50-0.79$), i madh (≥ 0.80) (Cohen, 1988; Lakens, 2013). Korrigjimi Bonferroni kontrollon gabimin e Tipit I në kushte testesh të shumëfishta, praktikë standarde në literaturën statistikore (Dunn, 1961; Bland dhe Altman, 1995).

Tabela 1. Pasqyrë e kornizës metodologjike sipas pyetjeve kërkimore.

Elementi	Pyetja e parë kërkimore	Pyetja e dytë kërkimore
Bashkësi të dhënash	Gold standard, $n=154$	Dataset origjinal, $n=305$
Algoritmet	MICE-PMM, Amelia II, kNN ($k=5$)	MICE-PMM (fituesi i RQ1)
Parametrat	$m=20$; 10 replikime	$m=20$; mesatarizim
Nivelet mungesave	5%, 10%, 20%, 30% (MCAR)	Mungesat reale të dataset-it
Metrikat	RMSE, Bias (pikëstandarde)	WAZ, LAZ, HCZ; test-t vs OBSH
Referenca	Gold standard i normalizuar ($\mu=0$, $\sigma=1$)	WHO Child Growth Standards 2006

Vizualizimi i rezultateve u realizua në gjuhën programuese R, duke përdorur paketat mice (Van Buuren dhe Groothuis-Oudshoorn, 2011), Amelia (Honaker, King dhe Blackwell, 2011), VIM (Kowarik dhe Templ, 2016) për procedurat e imputimit, dhe ggplot2 për grafikët. Vlefshmëria e analizës u garantua përmes fiksimit të “seed”-it të rastësisë për çdo replikim, si dhe eksportimit automatik të rezultateve numerike dhe grafike si skedarë të veçantë, çka mundëson riprodhueshmërinë e plotë të procedurës analitike.

Bashkësia e të dhënave e përdorur përfshin të dhëna mjekësore të fëmijëve nën moshën 2 vjeç. Trajtimi i tyre respekton standardet e mbrojtjes së privatësisë sipas legjislacionit shqiptar dhe parimet e Deklaratës së Helsinkit për studime me të dhëna mjekësore njerëzore: identifikuesi origjinal i çdo fëmije u zëvendësua me një kod numerik anonim (child_id=1–305) para çdo analize, dhe të gjitha analizat u kryen vetëm mbi këtë dataset të anonimizuar, i cili nuk përmban variabla identifikues (emra, adresa, data të sakta lindjeje).

REZULTATET

Rezultatet e Pyetjes së parë kërkimore

Në nivelet e ulëta të mungesave (5–10%), kNN regjistroi RMSE-në më të ulët, por performanca e tij u degradua ndjeshëm në nivele më të larta (rritje prej 17.7% nga 5% në 30% mungesa). MICE, në të kundërt, tregoi degradim minimal (vetëm 3.3%) dhe u bë algoritmi superior në nivelet e mungesave klinike më të rëndësishme (20–30%; Figura 1, Tabela 2).

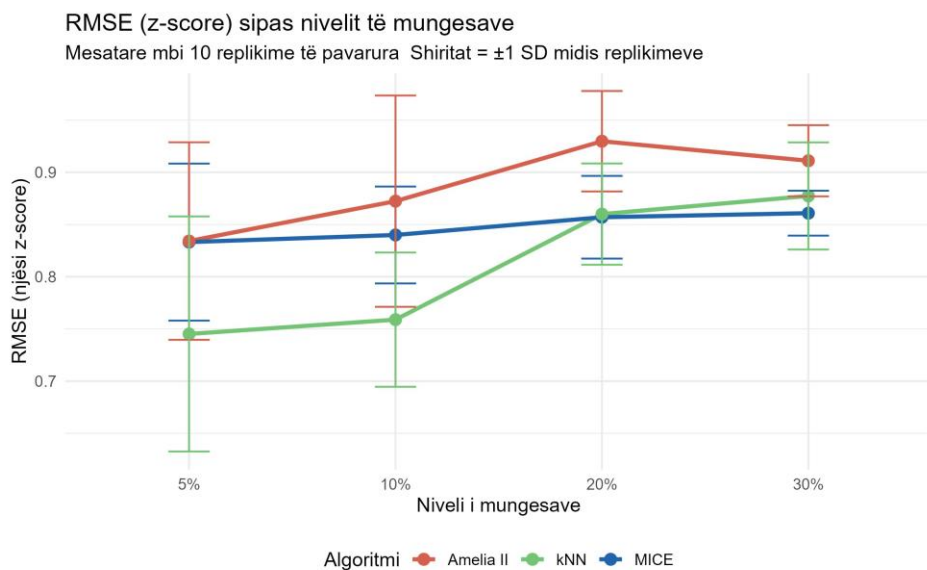


Figura 1. RMSE (pikë-standarde) sipas nivelit të mungesave për tre algoritmet.

Tabela 2. RMSE mesatare (pikë-standarde) sipas algoritmit dhe nivelit të mungesave.

Algoritmi	5%	10%	20%	30%
MICE	0.833	0.840	0.857	0.861
Amelia II	0.834	0.872	0.929	0.911
kNN	0.745	0.758	0.860	0.877

Përtej saktësisë, MICE regjistroi edhe anshmërinë (bias) më të ulët në të gjitha nivelet ($|\text{bias}|=0.0099$ mesatarisht, krahasuar me 0.0109 për Amelia II dhe 0.0235 për kNN), ndërsa kNN mbajti bias sistematikisht pozitiv në çdo nivel. MICE dhe Amelia II kaluan nga bias pozitiv në 5–10% mungesa në bias negativ në 20–30%, duke reflektuar ndryshimin e sjelljes së algoritmeve ndaj densitetit të informacionit të disponueshëm (Figura 2). MICE tregoi gjithashtu stabilitetin më të lartë ndërmjet replikimeve (RMSE_sd=0.0215 në 30% mungesa). Tabela 3 përmbledh renditjen krahasuese sipas tre kriterëve: asnjë algoritëm nuk dominon në të gjitha kushtet, por MICE dominon në bias dhe stabilitet, dhe merr epërsi edhe në saktësi (RMSE) kur mungesa i kalon 20%, niveli relevant klinikisht, pasi baza origjinale arrin deri në 32.8% mungesa. Bazuar në këto kriterë, MICE u përzgjedh si algoritmi më efektiv për imputimin e bazës së plotë të të dhënave.

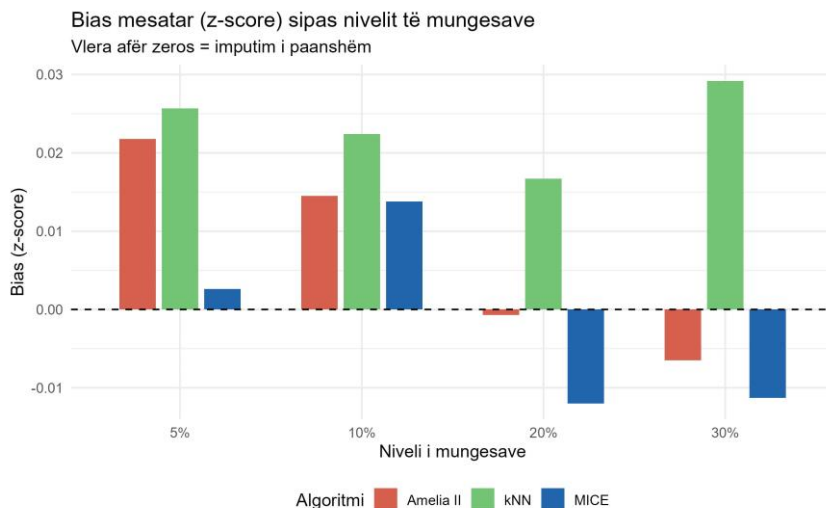


Figura 2. Anshmëria (bias) mesatare sipas algoritmit dhe nivelit të mungesave.

Tabela 3. Renditja krahasuese e algoritmeve sipas metrikës dhe nivelit të mungesave.

Metrika	5%	10%	20%	30%
RMSE (më i ulët)	kNN	kNN	MICE	MICE
Bias (më i ulët)	MICE	MICE	MICE	MICE
Stabilitet (SD)	Amelia II	MICE	MICE	MICE

Rezultatet e pyetjes së dytë kërkimore

Pas imputimit të plotë dhe krahasimit me standardet ndërkombëtare, 20 nga 21 variablat e standardizuar devijuan në mënyrë statistikisht domethënëse nga referenca ($p < 0.0024$, korrigjim Bonferroni). Pesha (WAZ) filloi statistikisht ekuivalente me referencën në lindje ($d = -0.002$, jo domethënëse) dhe u rrit gradualisht deri në një efekt të madh në muajin e 12-të ($d = 0.821$), duke u stabilizuar më pas. Perimetri i kokës (HCZ) qëndroi sistematikisht pozitiv nëpër të gjitha periudhat ($d = 0.552 - 0.759$), pa asnjë tendencë konvergjence drejt referencës. Gjetja më e papritur lidhet me gjatësinë (LAZ): kohorta filloi me avantazh pozitiv në lindje ($d = 0.639$), i cili u zbeh gradualisht dhe u kthye në devijim negativ statistikisht domethënës në moshën 24 muaj ($d = -0.503$), i vetmi devijim negativ i konfirmuar ndër 21 variablat e testuar (Figura 3, Tabela 4).

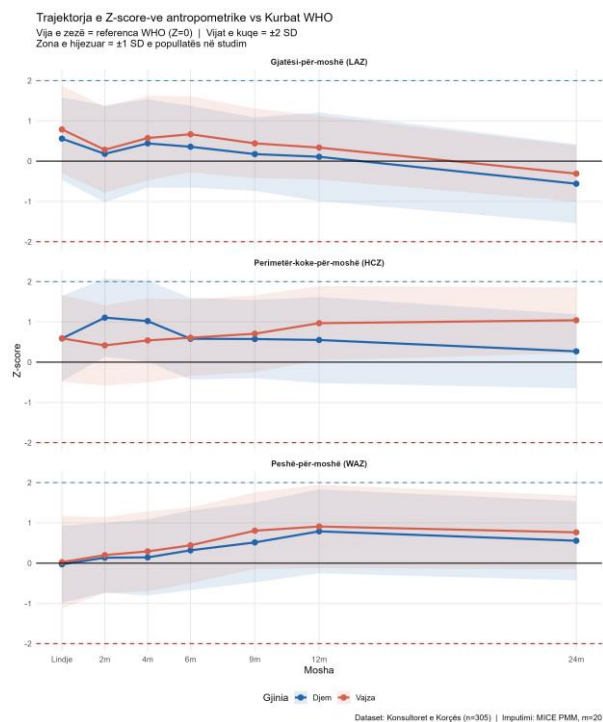


Figura 3. Trajektoret e pikëve-standarde antropometrike krahasuar me kurbat ndërkombëtare të referencës.

Tabela 4. Madhësia e efektit (Cohen's *d*) sipas indeksit dhe moshës, në tre pika kohore përfaqësuese.

Mosha	WAZ (d)	LAZ (d)	HCZ (d)
Lindje	-0.002 (ns)	0.639	0.552
12 muaj	0.821	0.239	0.759
24 muaj	0.701	-0.503	0.711

Tabela 3 dhe figurat shoqëruese ilustrojnë tre profile dinamike të dallueshme: peshën, e cila konvergjon drejt një devijimi pozitiv të madh rreth muajit të 12-të para se të stabilizohet; perimetrin e kokës, i cili mban një devijim pozitiv pothuajse konstant pa asnjë shenjë konvergjence; dhe gjatësinë, e vetmja që ndryshon shenjë përgjatë periudhës së studimit. Kjo e fundit është edhe gjetja me implikimet më të drejtpërdrejta klinike, pasi sugjeron që interpretimi i statusit ushqyes të fëmijëve në bazë të një pike të vetme kohore mund të mos jetë i mjaftueshëm pa marrë parasysh trajektoren e plotë gjatësore.

Figura 4 përmbledh madhësinë absolute të efektit ($|d|$) për të 21 variablat, duke ilustruar se HCZ ruan efekte mesatare të qëndrueshme (asnjë vlerë nën 0.20 ose mbi 0.80) përgjatë gjithë periudhës, ndërsa WAZ dhe LAZ tregojnë ndryshime më të mëdha me kalimin e moshës. Figura 5 (forest plot) vizualizon devijimin mesatar dhe intervalin e besimit 95% për secilin nga 21 variablat, duke konfirmuar se vetëm LAZ në moshën 24 muaj kalon boshtin zero në drejtim negativ.

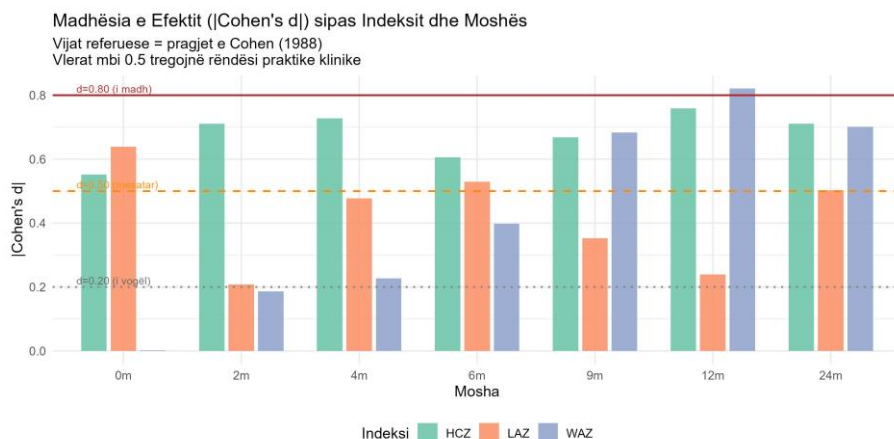


Figura 4. Madhësia e efektit (Cohen's d) për 21 variablat Z-score, me vijat referuese të pragjeve të Cohen.

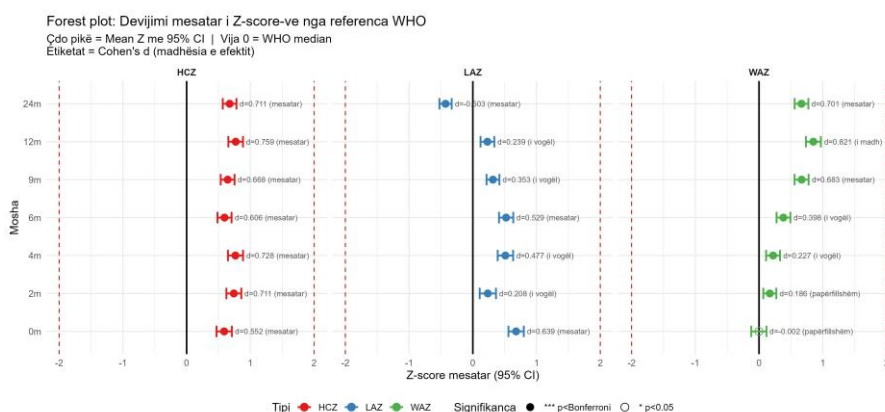


Figura 5. Devijimi mesatar i Z-score-ve nga referenca ndërkombëtare, me intervale besimi 95%.

DISKUTIMI I REZULTATEVE

Superioriteti i MICE në kushte mungese të lartë përputhet me literaturën ekzistuese mbi qëndrueshmërinë e modelimit të kushtëzuar plotësisht specifik (Van Buuren, 2018), ndërsa degradimi i kNN konfirmon ndjeshmërinë e distancës Euklidiane ndaj rrallimit të informacionit të disponueshëm kur boshllëqet rriten (Troyanskaya et al., 2001). Rezultatet plotësojnë gjetjet e mëparshme mbi superioritetin e MICE ndaj fshirjes listwise (Wulff dhe Jeppesen, 2017) dhe qëndrueshmërinë e metodës Predictive Mean Matching për

shpërndarje jo-normale (Royston dhe White, 2011), duke shtuar një rast empirik specifik për të dhëna me model progresiv mungesash, kontekst që punimet e mësipërme nuk e kishin trajtuar drejtpërdrejt. Varianca më e lartë e Amelia II ndërmjet replikimeve sugjeron se supozimi i saj i normalitetit multivariat nuk plotësohet plotësisht nga matjet antropometrike pediatrike, të cilat shpesh shfaqin shpërndarje asimetrike.

Devijimet pozitive të qëndrueshme të peshës dhe perimetrit të kokës janë konsistente me modele të dokumentuara në literaturën ndërkombëtare krahasuese, ku fëmijët me ndjekje klinike të rregullt priren të shfaqin vlera mbi mesataren globale të referencës, dhe ku popullatat me origjinë evropiane priren historikisht drejt perimetrave të kokës pak mbi standardin ndërkombëtar (Victora et al., 2010; De Onis et al., 2007). Përmbysja e gjatësisë në moshën 24 muaj mbetet gjetja interpretativisht më e hapur. Dy shpjegime alternative janë të mundshme dhe nuk mund të ndahen me të dhënat aktuale: një ndryshim teknik në protokollin e matjes (gjatësi e shtrirë deri në 24 muaj kundrejt matjes në këmbë pas kësaj moshe, ndryshim që prodhon sistematikisht vlera rreth 0.7 cm më të ulëta), ose një efekt i mungesave jo rastësore specifikisht në kampionin e moshës 24 muaj. Një kufizim metodologjik i rëndësishëm është se eksperimenti krahasues u krye nën mekanizmin MCAR, ndërsa mungesat reale të bazës së të dhënave rriten sistematikisht me moshën dhe janë të motivuara nga faktorë socialë pra konsistente më shumë me mekanizmin MAR. Superioriteti i MICE u vërtetua kështu në kushte pak më të thjeshta se ato reale dhe verifikimi nën mekanizma mungesash sistematike mbetet hap i nevojshëm për studime pasardhëse. Gjithashtu, grupi referues i 154 rasteve të plota mund të përfaqësojë vetëm nëngrupin e fëmijëve me ndjekje klinike të plotë dhe jo popullatën e gjerë, çka mund të ndikojë në përgjithësueshmërinë e gjetjeve.

Nga pikëpamja e praktikës klinike, gjetjet sugjerojnë se profesionistët shëndetësorë që interpretojnë trajektorët e rritjes në kohorta me mungesa gjatësore duhet të favorizojnë metoda imputimi të vlerësuara paraprakisht ndaj metodave ad-hoc, veçanërisht në popullata ku ndërprerja e vizitave është e zakonshme për arsye migratore apo socio-ekonomike, siç është rasti i qytetit të Korçës. Zgjedhja e algoritmit të imputimit nuk është thjesht një vendim teknik i pavarur

nga interpretimi klinik i mëvonshëm, por një hap që kushtëzon drejtpërdrejt besueshmërinë e çdo krahasimi pasues me standardet ndërkombëtare të rritjes.

Është e rëndësishme të theksohet dallimi ndërmjet domethënies statistikore dhe rëndësisë praktike klinike. Me një madhësi kampioni prej 305 fëmijësh edhe devijime të vogla nga referenca ndërkombëtare arrijnë lehtësisht pragun e domethënies statistikore pas korrigjimit Bonferroni. Për këtë arsye, interpretimi u mbështet paralelisht në koeficientin Cohen's d: devijimet e HCZ, edhe pse statistikisht domethënëse në çdo periudhë, mbeten brenda intervalit “mesatar” ($d=0.55-0.76$) dhe jo “të mëdha”, ndërsa vetëm WAZ në muajin e 12-të kalon pragun e $d=0.80$. Kjo dallon qartë se cilat gjetje kanë peshë praktike më të madhe për interpretimin klinik dhe cilat, pavarësisht domethënies statistikore, mund të reflektojnë thjesht ndjeshmërinë e testeve ndaj madhësisë së kampionit.

Drejtimit e ardhshme të kërkimit

Drejtimi i parë kërkimor rrjedh drejtpërdrejt nga kufizimi kryesor i eksperimentit: riprodhimi i krahasimit midis MICE, Amelia II dhe kNN duke simuluar mungesa sistematike, ku probabiliteti i mungesës rritet me moshën, sipas modelit real të vëzhguar (nga 1% në lindje deri në rreth 33% në moshën 24 muaj), do të testonte nëse superioriteti i MICE mbahet edhe nën mekanizmin real MAR (Burton et al., 2006). Drejtimi i dytë synon zgjidhjen e paqartësisë mbi rënien gjatësore në moshën 24 muaj, përmes një studimi prospektiv ku për çdo fëmijë të regjistrohesh shprehimisht nëse matja është kryer shtrirë apo në këmbë, si dhe në cilën moshë saktësisht ndodhi tranzicioni. Ky informacion do të lejonte ndarjen statistikore të shpjegimit teknik nga ai i lidhur me përzgjedhjen jo rastësore të kampionit. Së fundmi, verifikimi i gjetjeve në kohorta të tjera shqiptare, me madhësi kampioni më të mëdha, do të forconte përgjithësimin e konkluzioneve mbi devijimet e vëzhguara nga standardet ndërkombëtare të rritjes.

PËRFUNDIME

Ky studim demonstroi se MICE (me metodën Predictive Mean Matching, $m=20$) ofron ekuilibrin më të mirë midis saktësisë dhe paanshmërisë për imputimin e të dhënave antropometrike pediatrike me model progresiv mungesash, veçanërisht kur norma e mungesave i

kalon 20%. Rezultati mbështet përdorimin e MICE si zgjidhje metodologjike të parapëlqyer në kontekste klinike të ngjashme, ku ndjekja e vazhdueshme e fëmijëve shpesh ndërpritet për arsye relative. Pas imputimit, kohorta e Korçës rezultoi të devijojë pozitivisht nga standardet ndërkombëtare për peshë dhe perimetër koke gjatë vitit të parë të jetës, ndërsa rënia e gjatësisë në moshën 24 muaj përbën një gjetje statistikisht të fortë, por interpretativisht të hapur, që kërkon verifikim shtesë të protokollit klinik të matjes.

Rekomandohet një studim prospektiv që të standardizojë dhe dokumentojë shprehimisht protokollin e matjes së gjatësisë/lartësisë në kalimin nga mosha 12 në 24 muaj (shtrirë kundrejt në këmbë), si dhe riprodhimi i eksperimentit të simulimit nën mekanizma mungesash jo rastësore (MAR/MNAR) që imitojnë modelin real progresiv të vëzhguar në bazën origjinale të të dhënave. Kontributi kryesor i këtij punimi qëndron në demonstrimin empirik se vlefshmëria e krahasimit të rritjes së fëmijëve me standardet ndërkombëtare është e kushtëzuar drejtpërdrejt nga saktësia e vërtetuar paraprakisht e metodës së imputimit të përdorur.

REFERENCAT

1. Bland, J. M. dhe Altman, D. G. (1995), “Multiple significance tests: The Bonferroni method”, *BMJ*, 310(6973), 170.
2. Burton, A., Altman, D. G., Royston, P. dhe Holder, R. L. (2006), “The design of simulation studies in medical statistics”, *Statistics in Medicine*, 25(24), 4279–4292.
3. Cohen, J. (1988), *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* (2nd ed.), Hillsdale NJ, Lawrence Erlbaum Associates.
4. De Onis, M., Onyango, A. W., Borghi, E., Siyam, A., Nishida, C. dhe Siekmann, J. (2007), “Development of a WHO growth reference for school-aged children and adolescents”, *Bulletin of the World Health Organization*, 85(9), 660–667.
5. Dunn, O. J. (1961), “Multiple comparisons among means”, *Journal of the American Statistical Association*, 56(293), 52–64.
6. Honaker, J., King, G. dhe Blackwell, M. (2011), “Amelia II: A program for missing data”, *Journal of Statistical Software*, 45(7), 1–47.
7. Kowarik, A. dhe Templ, M. (2016), “Imputation with the R package VIM”, *Journal of Statistical Software*, 74(7), 1–16.

8. Lakens, D. (2013), "Calculating and reporting effect sizes to facilitate cumulative science: A practical primer for t-tests and ANOVAs", *Frontiers in Psychology*, 4, 863.
9. Little, R. J. A. dhe Rubin, D. B. (2002), *Statistical Analysis with Missing Data* (2nd ed.), New York, John Wiley & Sons.
10. Royston, P. dhe White, I. R. (2011), "Multiple imputation by chained equations (MICE): Implementation in Stata", *Journal of Statistical Software*, 45(4), 1–20.
11. Tasho M. E., Zeqo M. L., (2022), Comparison methods of estimating missing data in real data time series, *Asian European Journal of Mathematics*, World Scientific Publishing Company, Vol.15, No 10 (2022), <https://doi.org/10.1142/S1793557122502436>
12. Troyanskaya, O., Cantor, M., Sherlock, G., Brown, P., Hastie, T., Tibshirani, R., Botstein, D. dhe Altman, R. B. (2001), "Missing value estimation methods for DNA microarrays", *Bioinformatics*, 17(6), 520–525.
13. Van Buuren, S. dhe Groothuis-Oudshoorn, K. (2011), "mice: Multivariate imputation by chained equations in R", *Journal of Statistical Software*, 45(3), 1–67.
14. Van Buuren, S. (2018), *Flexible Imputation of Missing Data* (2nd ed.), Boca Raton, CRC Press.
15. Victora, C. G., de Onis, M., Hallal, P. C., Blössner, M. dhe Shrimpton, R. (2010), "Worldwide timing of growth faltering: Revisiting implications for interventions", *Pediatrics*, 125(3), e473–e480.
16. Willmott, C. J. dhe Matsuura, K. (2005), "Advantages of the mean absolute error (MAE) over the root mean square error (RMSE) in assessing average model performance", *Climate Research*, 30(1), 79–82.
17. World Health Organization (2006), *WHO Child Growth Standards: Methods and Development*, Geneva, WHO Press.
18. Wulff, J. N. dhe Jeppesen, L. E. (2017), "Multiple imputation by chained equations in praxis: Guidelines and review", *Electronic Journal of Business Research Methods*, 15(1), 41–56.