



جامعة القاهرة

المجلة المصرية للسكان وتنظيم الأسرة

مجلد (55) العدد الثاني – ديسمبر 2023

Homepage: mskas.journals.ekb.eg

Print ISSN 1110-1156 – Online ISSN 2786-0078



إعادة بناء السكان في مصر باستخدام النموذج البيزي

هانم مصطفى

كلية التجارة بجامعة مدينة السادات

تم الأستلام: 2023-10-31 تم المراجعة: 2024-01-03 تم القبول: 2024-01-03

المخلص

تعتبر البيانات السكانية من الركائز الأساسية التي تعتمد عليها الدول في إعداد وتقييم وتطوير خططها السياسية أو الاجتماعية. ونظرا لإفتقار هذه البيانات في كثير من الأحيان للدقة، فقد أصبح قياس عدم اليقين في البيانات أمرا هاما. واستجابة للحاجة إلى القياس الكمي لعدم اليقين في تقديرات المعلمات الرئيسية للسكان، قامت الدراسة بتطبيق النموذج البيزي الهرمي المقترح من قبل (Wheldon et al., 2015) لإعادة بناء السكان في مصر في الفترة (1986-2021) بشكل احتمالي كامل يأخذ عدم اليقين في الاعتبار أنيا في جميع المؤشرات السكانية. اعتمدت الدراسة على بيانات التعدادات السكانية والمسوح الديموجرافية الصحية و جداول الحياة أثناء فترة إعادة البناء. تم استخدام برنامج R وتحديد الحزمة PopReconstruct لإجراء إعادة بناء السكان من خلال توليد عينات من التوزيع البعدي المشترك للمعلمات باستخدام أسلوب محاكاة سلاسل ماركوف مونت كارلو واستخدام العديد من الحزم الأخرى لاستخلاص النتائج. وقد وجدت الدراسة اقتراب قيم وسيط التوزيع البعدي من القيم المبدئية لمعظم المقاييس خلال فترة إعادة البناء كلها وكذلك إنخفاض عدم اليقين حيث أنه بالرغم من اتساع فترات المصادقية في بعض الأحيان إلا أن قيمة هذا الإتساع عدديا كانت قليلة مما يعني انخفاض عدم اليقين للتقديرات السكانية في مصر مما يدل على انخفاض أخطاء القياس في هذه التقديرات، وهو ما يدل على دقة البيانات السكانية في مصر.

الكلمات الدالة

النموذج البيزي الهرمي - إعادة بناء السكان - عدم اليقين - معدلات الإنجاب - معدلات الوفيات

Population Reconstruction in Egypt using Bayesian model

ABSTRACT

Demographic data is an important base on which countries rely in preparing, evaluating and developing their political or social plans. Because this data often lacks precision, measuring uncertainty in the data has become important. In response to the need to quantify uncertainty in estimates of key demographic parameters, the study applied the Bayesian hierarchical model proposed by (Wheldon et al., 2015) to reconstruct the population in Egypt in the period (1986-2021) in a fully probabilistic manner that takes uncertainty into account simultaneously in all demographic parameters. The results showed a decrease in uncertainty for population estimates in Egypt, which indicates a decrease in measurement errors in these estimates, which is an indicator of the accuracy of demographic data in Egypt.

Key words:

Bayesian hierarchical model- Uncertainty-Population Reconstruction-Fertility rates-mortality rates

1. مقدمة:

تعتبر البيانات السكانية -مثل أعداد السكان ومعدلات الإنجاب والوفيات والهجرة الدولية وغيرها- من الركائز الأساسية التي تعتمد عليها الدول في إعداد وتقييم وتطوير خططها السياسية أو الاجتماعية. وكلما كان تقدير هذه البيانات دقيقا كلما ساهم ذلك في ضمان جودة الخطط والنتائج المترتبة عليها. ولكن للأسف تقتقر البلدان في كثير من الأحيان إلى دقة البيانات السكانية نظرا للأخطاء في تسجيل المواليد والوفيات وأخطاء الادلاء بالأعمار مما يجعل قياس عدم اليقين في البيانات أمرا هاما وخصوصا في الدول النامية حيث تكون التقديرات (البيانات) في هذه الحالة موضع قدر أكبر من عدم اليقين. وتتعدد مصادر عدم اليقين منها مدى دقة البيانات، اختيار النموذج المناسب للبيانات من عدمه وغيرها.

واستجابة للحاجة إلى القياس الكمي لعدم اليقين في تقديرات المعلمات الرئيسية للسكان، سوف تقوم الدراسة بتطبيق النموذج البيزي الهرمي المقترح من قبل (Wheldon et al., 2015) لإعادة بناء السكان في مصر في الفترة (1986-2021). والمقصود بإعادة البناء Reconstruction هو استخدام بيانات الماضي لتقدير القيمة الحقيقية في الماضي إما بهدف التقدير أو تحديد مدى خطأ القياس في البيانات المتوفرة (Wheldon et al., 2013a). وسوف تنقسم الدراسة إلى خمسة أقسام: القسم الأول يعرض مقدمة لموضوع الدراسة، القسم الثاني يعرض أساليب إعادة بناء السكان والدراسات السابقة التي استخدمت هذه الأساليب، القسم الثالث يشرح شكل النموذج البيزي المستخدم، وكذلك توصيف البيانات التي تم استخدامها ومعالجتها، القسم الرابع يعرض النتائج التي توصلت إليها الدراسة، والقسم الخامس والأخير يعرض خاتمة لتلخيص محتوى الدراسة.

2. الدراسات السابقة (أساليب إعادة بناء السكان):

هناك العديد من الأساليب المتبعة في إعادة بناء السكان وتقوم الأساليب الأكثر شيوعاً باستخدام معادلة التوازن السكاني (عدد السكان عند النقطة الزمنية $t+n =$ عدد السكان عند النقطة الزمنية $t +$ عدد المواليد - عدد الوفيات + صافي الهجرة) والتي تستخدم في التقديرات والاسقاطات السكانية والمعروفة أيضاً بأسلوب مكونات الأفواج CCMPP، ومن هذه الأساليب: أسلوب الاسقاط العكسي، أسلوب الاسقاط الخلفي، أسلوب الاسقاط العكسي العشوائي، والأسلوب البيزي. وفيما يلي سوف نقوم بعرض بعض الدراسات السابقة وفقاً لكل أسلوب:

بالنسبة لأسلوب الاسقاط العكسي Inverse Projection: فقد قدم (Lee 1971,1974) هذا الأسلوب لإعادة بناء السكان، ويستخدم هذا الأسلوب إجمالي أعداد المواليد والوفيات السنوية وعدد السكان في سنة الأساس لاستنتاج معدلات الاحصاءات الحيوية والتوزيع العمري للسكان، بدلاً من اشتقاق الأعداد من المعدلات التفصيلية كما يحدث في أسلوب مكونات الأفواج. ويكون هذا الأسلوب مناسباً لدراسة السكان في الماضي ويحقق نتائج مقبولة حتى في حالة عدم توافر بيانات عمرية تفصيلية. وطبق (Brunborg, 1976) هذا الأسلوب على بيانات النرويج في الفترة (1735-1974) ولكن مع مد الفئات العمرية في جداول الحياة لتصبح الفئة الأخيرة (+80) بدلاً من (+55). (McCaa and Barbi, 2004)

بالنسبة لأسلوب الاسقاط الخلفي Back Projection: فهو يستخدم أسلوب مكونات الأفواج ولكن بالرجوع للخلف، أي يعتمد على عدد السكان في نهاية فترة إعادة البناء ويحاول منه للوصول إلى عدد السكان في بداية الفترة وقد استخدم هذا الأسلوب (Wrigley and Schofield, 1981) لمحاولة إعادة بناء السكان في إنجلترا في الفترة (1541-1871)، ولكن يعاب على هذا الأسلوب أنه يحتاج لإضافة بعض القيود حتى يمكن استخدامه بشكل خلفي.

بالنسبة لأسلوب الاسقاط العكسي المعمم Generalized Inverse Projection: فقد قدم (Oeppen, 1993) هذا الأسلوب في محاولة للتغلب على العديد من المشاكل النظرية والتجريبية، حيث أنه يستطيع تقدير الهجرة وذلك عن طريق خوارزم قياسي غير خطي يقوم بتعظيم الاتساق بين الفروض النظرية والبيانات المشاهدة. وقد تم استخدام هذا الأسلوب لإعادة بناء السكان في العديد من الدول مثل إنجلترا في الفترة (1539-1873) (Wrigley et al., 1997)، والدنمارك في الفترة (1665-1840) (Johansen and Oeppen, 2001)، وأمستردام في الفترة (1681-1920) (Leeuwenn and Oeppen, 1993).

بالنسبة لأسلوب الإسقاط العكسي العشوائي Stochastic Inverse Projection: فهي بداية أخذ عدم اليقين في الاعتبار - فجميع الأساليب السابق ذكرها يعاب عليها أنها لا تأخذ عدم اليقين في الاعتبار - حيث قدم (Bertino and Sonnino, 2003) هذا الأسلوب بصياغتهم للميلاد والوفاة على أنهم عمليات بواسون غير متجانسة ويتعامل هذا الأسلوب مع أعداد المواليد والوفيات المجمعمة وليست التفصيلية ويتم عمل محاكاة عبر الزمن لتقدير التركيب العمري للسكان. ويعتبر مصدر عدم اليقين الوحيد الذي يأخذه هذا الأسلوب في الاعتبار هو الاختلاف الطبيعي في معدلات المواليد والوفيات ولكن يفترض أن إجمالي أعداد المواليد

والوفيات السنوية يتم تسجيلها بدون أخطاء، كما يقوم هذا الأسلوب-مثله مثل أسلوب الإسقاط العكسي- بإغفال الهجرة الدولية خلال فترة إعادة بناء السكان. (Wheldon et.al, 2013a)

ثم توجه العديد من الباحثين إلى استخدام الأسلوب البيزي في إعادة بناء السكان، حيث قدم (Daponte et al., 1997) نموذج بيبي لإعادة بناء السكان في العراق وكردستان في الفترة (1977-1990) ولكن لم يأخذ عدم اليقين في المؤشرات السكانية بشكل آني - فمثلا تم دراسة عدم اليقين في الوفيات فقط وتحديدًا وفيات الرضع- كما أنه تم إغفال الهجرة في النموذج المقترح. كما قدم (Rymer et al., 2013) نموذج بيبي لتقدير الهجرة الدولية السنوية والمؤشرات الحيوية الأخرى بين 31 دولة في الاتحاد الأوروبي في الفترة (2002-2008) ولكن لم يقدم النموذج هذه التقديرات بشكل تفصيلي حسب العمر والنوع. وقدم (Bryant and Graham, 2013) نموذج بيبي لتقدير عدد السكان على المستوى ما دون القومي بالاعتماد على العديد من مصادر البيانات المختلفة وتم تطبيقه على 6 مناطق بنيوزلندا في الفترة (1996-2011). كما قدم (Alexander and Alkema, 2018) نموذج بيبي لتقدير عدد الإناث في سن الإنجاب على المستوى ما دون القومي وتم تطبيق النموذج على 35 مقاطعة في كينيا في الفترة (1979-2020). وقد قدم (Wheldon et al., 2013a) نموذج بيبي هرمي لإعادة بناء السكان (الإناث فقط) بشكل احتمالي كامل يأخذ عدم اليقين في جميع المؤشرات السكانية في الاعتبار بشكل آني، وطبق هذا النموذج على بيانات بوركينافاسو في الفترة (1960-2005)، ثم طور هذا النموذج وقدم (Wheldon et al., 2015) النموذج مرة أخرى لإعادة بناء السكان (الإناث والذكور كل على حده) وكذلك تقدير بعض المؤشرات السكانية بشكل احتمالي كامل وطبق هذا النموذج على الهند في الفترة (1971-2001)، وتايلاند في الفترة (1960-2000)، ولاوس في الفترة (1985-2005). ولازال النموذج البيبي محل اهتمام الباحثين فقد قدم أيضا (Voutilainen et al., 2020) نموذج السلاسل الزمنية البيبي الهرمي في إعادة بناء السكان في فنلندا في الفترة (1647-1850). كما قدم (Durowaa-Boateng et al., 2023) لإعادة بناء معدلات الانجاب التفصيلية حسب مستوى التعليم وطبق هذا النموذج على 50 دولة من دول أفريقيا وأمريكا اللاتينية في الفترة (1970-2020). وفي هذه الدراسة سيتم إعادة بناء السكان في جمهورية مصر العربية بشكل احتمالي كامل يأخذ عدم اليقين في جميع المؤشرات السكانية في الاعتبار بشكل آني باستخدام النموذج البيبي الهرمي المقترح من قبل (Wheldon et al., 2015).

3. النموذج البيبي المستخدم:

3. 1. رموز النموذج:

يتم ترميز معاملات النموذج البيبي الذي سوف يتم عرضه بالأسفل وفقا للعمر والزمن والنوع كما يلي:

- يرمز في النموذج للعمر بالرمز a وللزمن بالرمز t حيث $a=0,5,10,\dots,A$ و $t=t_0,t_0+5,\dots,T$, وكلاهما فئات خمسية. كما يرمز للنوع بالرمز a حيث $a=F,M$.
- يشير $a_L^{[fert]}$ إلى الحد الأدنى لعمر الإنجاب غير الصفري. كما يشير $a_U^{[fert]}$ إلى الحد الأقصى لعمر الإنجاب غير الصفري.

- تشير $t_L^{[cen]}, \dots, t_U^{[cen]}$ إلى مجموعة النقاط الزمنية المتاحة عندها التعدادات السكانية.
- تشير $f_{a,t}$ إلى النسبة بين عدد المواليد للسيدات في الفئة العمرية $[a, a+5]$ إلى عدد سنوات الحياة لهؤلاء السيدات على الفترة الزمنية $[t, t+5]$. أي أنه يعبر عن معدل الإنجاب التصليفي لهذه الفئة العمرية في تلك الفترة الزمنية.
- يشير $s_{a,t,i}$ إلى نسبة الأشخاص في الفئة العمرية $[a-5, a]$ عند الزمن t الذين ظلوا على قيد الحياة ووصلوا للعمر $[a, a+5]$ عند الزمن $t+5$ كتعبير عن عنصر الوفاة.
- يشير $n_{a,t}$ إلى عدد السكان في الفئة العمرية $[a, a+5]$ عند الزمن t .
- يشير $g_{a,t,i}$ إلى صافي الهجرة وتقاس بالنسبة بين عدد المهاجرين الصافي في الفئة العمرية $[a, a+5]$ الذين هاجروا خلال الفترة الزمنية $[t, t+5]$ وإجمالي عدد السكان في الفئة العمرية $[a, a+5]$ عند الزمن t وقد تم الإشارة سابقا لهذا الأخير بالرمز $n_{a,t,i}$.

وبصفة عامة تشير الرموز الغليظة بدون رمز العمر والنوع إلى متجه المعلمات العمرية التصيلية للإناث يليها الذكور. على سبيل المثال: يشير الرمز f_t إلى المتجه الخاص بمعدلات الإنجاب التصيلية للفترة الزمنية $[t, t+5]$ ، ويشير الرمز $n_{t,0}$ إلى المتجه الخاص بأعداد السكان في سنة الأساس. سيتم استخدام الرمز θ للإشارة إلى متجه جميع المعلمات العمرية والزمنية التصيلية للإناث والذكور وكذلك نسبة النوع عند الميلاد ويرمز لها بالرمز SRB ومن ثم $\theta = [n_{t,0}, f_{t,0}, s_{t,0}, g_{t,0}, SRB_t]$ ، واستخدام الرمز Ψ_t للإشارة إلى مكونات المتجه θ عند النقطة الزمنية t مع استبعاد $n_{t,0}$ ومن ثم $\Psi_t = [f_{t,0}, s_{t,0}, g_{t,0}, SRB_t]$. كما يتم الرمز لطريقة مكونات الأفواج في النموذج بالرمز $M(\cdot)$. واستخدم الرمز (*) ليميز بين القيمة الحقيقية المجهولة للمعلمة وتقديرها المعتمد على البيانات. فمثلا: $f_{a,t}$ هي القيمة الحقيقية لمعدلات الإنجاب التصيلية أما $f_{a,t}^*$ هي تقديراتها من المسح السكاني الصحي DHS.

3 . 2. الشكل الرياضي للنموذج:

$$\text{Level1: } \log n_{a,t,i}^* | n_{a,t,i}, \sigma_n^2 \sim \text{Normal} (\log n_{a,t,i}, \sigma_n^2), \quad t = t_L^{[cen]}, \dots, t_U^{[cen]} \quad (1)$$

$$\text{Level2: } n_{a,t,i} | n_{t-5}, \Psi_{t-5} = M(n_{t-5}, \Psi_{t-5}), \quad t = t_0+5, \dots, T \quad (2)$$

$$\text{Level3: } \log SRB_t | SRB_t^*, \sigma_{SRB}^2 \sim \text{Normal} (\log SRB_t^*, \sigma_{SRB}^2) \quad (3)$$

$$\log f_{a,t} | f_{a,t}^*, \sigma_f^2 \sim \begin{cases} \text{Normal} (\log f_{a,t}^*, \sigma_f^2), & a = a_L^{[fert]}, \dots, a_U^{[fert]} \\ \text{Undefined}, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

$$\log n_{a,t,i} | n_{a,t,i}^*, \sigma_n^2 \sim \text{Normal} (\log n_{a,t,i}^*, \sigma_n^2) \quad (5)$$

$$\text{logit } s_{a,t,i} | s_{a,t,i}^*, \sigma_s^2 \sim \text{Normal} (\text{logit } s_{a,t,i}^*, \sigma_s^2), \quad a = 0, 5, \dots, A+5 \quad (6)$$

$$g_{a,t,l} | g^*_{a,t,l}, \sigma^2_g \sim \text{Normal} (g^*_{a,t,l} | \sigma^2_g) \quad (7)$$

$$\text{Level4: } \sigma^2_v \sim \text{InvGamma} (\alpha_v, \beta_v), \quad u=n,f,s,g,SRB \quad (8)$$

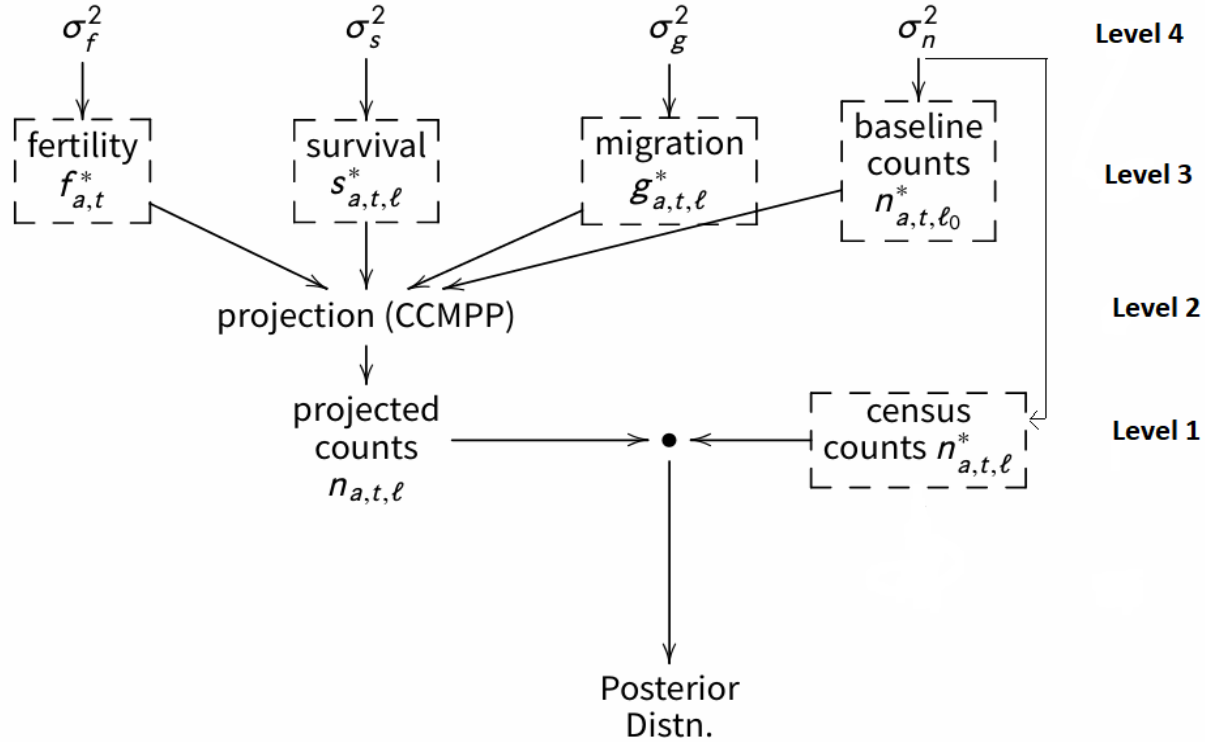
كما تم وضع قيد في النموذج بأن تكون أعداد السكان المقدره في المستوى الثاني موجبة دائما وذلك من خلال ضرب التوزيع القبلي المشترك لكل المعلمات عند أي نقطة زمنية t في دالة الوحدة التالية

$$I \{M(n_t, \Psi_t) > 0\} = \begin{cases} 1 & \text{for all } a=0,5,\dots,A \text{ and } l=F,M, n_{a,t+5,l} \geq 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (9)$$

ويفترض النموذج استقلال المعلمات (عناصر المتجه θ). ويعبر المستوى الأول (المعادلة 1) عن دالة الإمكان لأعداد السكان المقدره من التعدادات السكانية $n^*_{a,t,l}$ وهي تتبع التوزيع الطبيعي، ويعبر المستوى الثاني (المعادلة 2) عن أعداد السكان المقدره باستخدام أسلوب مكونات الأفواج $n_{a,t,l}$ ، ويعبر المستوى الثالث (المعادلات 3-7) عن التوزيعات القبليه لمعلمات النموذج البيزي وهي توزيعات طبيعية بمتوسطات معلومة يتم حساب قيمها من بيانات المسوح والتعدادات وتباينات يتم تقديرها في المستوى الرابع، وأخيرا يعبر المستوى الرابع (المعادلة 8) عن التوزيع الاحتمالي لتباينات التوزيعات القبليه لمعلمات النموذج البيزي الممثلة في المستوى الثالث هو نموذج جاما العكسي بمعلمات (α, β) يتم تقديرها بناءا على آراء الخبراء. ويعمل هذا النموذج بطريقة هرمية بدءا من المستوى الرابع منتهيا بالمستوى الأول كما في الخطوات التالية:

1. سحب $\sigma^2_n, \sigma^2_f, \sigma^2_s, \sigma^2_g$ عشوائيا من توزيع جاما العكسي المعبر عنه بالمستوى الرابع للنموذج بمعلمات (α, β) قيمها مقدره من آراء الخبراء.
2. توليد قيم عشوائية من التوزيعات الطبيعية المعبر عنها بالمستوى الثالث باستخدام التباينات التي تم سحبها من توزيع جاما العكسي في الخطوة الأولى.
3. إدخال القيم المولدة من التوزيعات الطبيعية السابقة في معادلة مكونات الأفواج المعبر عنها بالمستوى الثاني، وذلك بعد إجراء التحويلات اللازمة للمتغيرات حيث تحول كل من $(\log SRB_t, \log n_{a,t,l}, \log f_{a,t}, \text{logit } s_{a,t,l})$ إلى القيم الأصلية $(n_{a,t}, f_{a,t}, s_{a,t})$ وبذلك نحصل على التوزيع القبلي لعدد السكان.
4. توليد قيم عشوائية من دالة الإمكان لعدد السكان المعبر عنها بالمستوى الأول.
5. سحب عينة كبيرة من التوزيع البعدي المشترك للمعلمات-الناتج من حاصل ضرب دالة الإمكان (الخطوة 4) في التوزيع القبلي (الخطوة 3) طبقا لنظرية بيز- باستخدام أسلوب سلاسل ماركوف مونت كارلو MCMC ثم الحصول على التوزيعات البعدية الهامشية لكل معلمة على حده وتلخيص هذه التوزيعات في شكل مقاييس إحصائية مثل الوسيط وحساب فترات مصداقية لهذه المعلمات وتمثيلها بيانيا.

ويوضح الشكل (1) كيفية عمل النموذج البيزي الهرمي بطريقة مبسطة:



شكل (1): العلاقات بين جميع مكونات النموذج البيزي الهرمي المستخدم

3.3. البيانات المستخدمة في النموذج:

التوزيع العمري والنوعي للسكان في سنوات التعداد: تم الاعتماد على التعدادات السكانية التي يصدرها الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء للسنوات 1996-2006-2017 وكذلك معدلات النمو السكانية بين هذه التعدادات، ومنها تم تقدير أعداد السكان حسب العمر والنوع في منتصف السنوات 1996-2006-2016.

التوزيع العمري والنوعي للسكان في سنة الأساس: تم الاعتماد على بيانات تعداد 1986 كسنة أساس، ومنها تم تقدير أعداد السكان في سنة الأساس حسب العمر والنوع في منتصف 1986.

الإنجاب: تم الاعتماد على سلسلة المسوح الديموجرافية الصحية EDHS وغيرها للسنوات المتاحة خلال فترة إعادة البناء، وكذلك المسح الصحي للأسرة المصرية EHFS لسنة 2021 وذلك للحصول على معدلات الانجاب الكلية والتفصيلية. حيث تم استخدام

معدلات الانجاب الكلية المتاحة والاستكمال فيما بينها وتمهيداً باستخدام طريقة المنحنيات التكعيبية cubic splines ومنها تم الحصول على معدلات الانجاب التفصيلية المستخدمة في النموذج f^* .

الوفيات: تم الاعتماد على جداول الحياة المقدره من قبل الأمم المتحدة لكل من الذكور والإناث خلال فترة إعادة البناء للحصول على نسب البقاء على قيد الحياة المستخدمة في النموذج s^* .

الهجرة:

تم إغفال الهجرة لعدم توافر بيانات دقيقة عن أعداد المهاجرين وتوزيعهم العمري والنوعي.

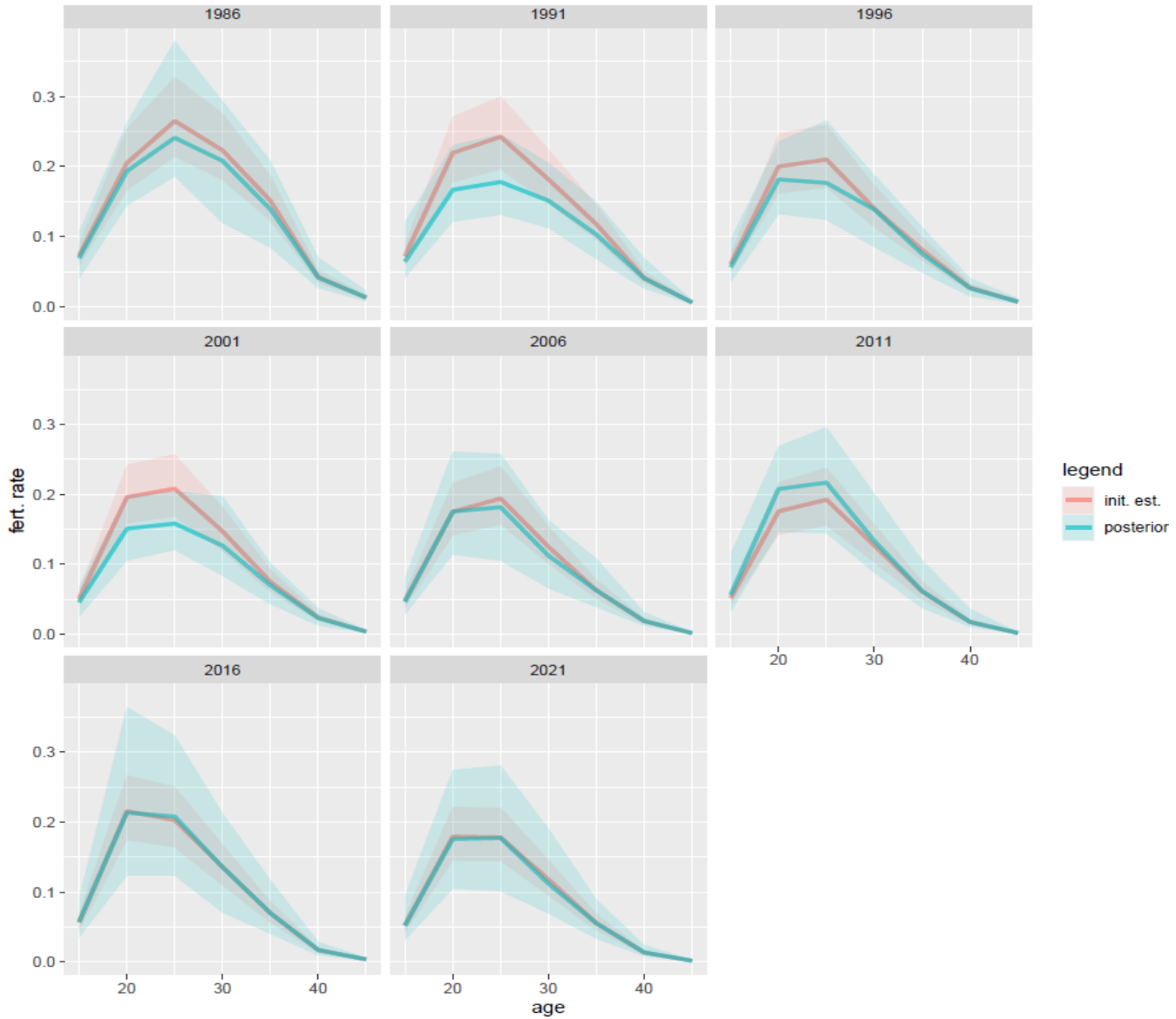
نسبة النوع عند الميلاد: تم الاعتماد على النشرة السنوية لإحصاءات المواليد والوفيات التي يصدرها الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء في حساب هذه النسب خلال فترة إعادة البناء.

4. النتائج:

تم استخدام برنامج R وتحديدًا الحزمة PopReconstruct لإجراء إعادة بناء السكان في جمهورية مصر العربية. كما تم استخدام العديد من الحزم الأخرى مثل ggplot2، reshape2 لاستخلاص النتائج والرسوم البيانية وكذلك الحزمة coda للتحقق من تقارب سلاسل ماركوف مونت كارلو MCMC المستخدمة في إيجاد التوزيع البعدي لمعاملات النموذج. وسوف يتم عرض أبرز نتائج الدراسة من خلال مقارنة القيم المبدئية للمعاملات بوسيط التوزيع البعدي لها وكذلك حساب فترات مصداقية عند الاحتمال 95% والتي يعد اتساعها مقياساً كمياً لعدم اليقين في تقدير المعلمة، كما سيتم عرض هذه النتائج بيانياً حيث يمثل الخط الأحمر وسيط القيم المبدئية للمعاملات، ويمثل الخط الأخضر وسيط التوزيع البعدي للمعاملات. كما تمثل المنطقة المظلمة باللون الأحمر فترة المصداقية 95% للقيم المبدئية، وتمثل المنطقة المظلمة باللون الأخضر فترة المصداقية 95% للتوزيع البعدي للمعاملات. لذا ينصح عند طباعة البحث أن تطبع الرسومات بالألوان لفهم دلالتها.

4. 1. الإنجاب:

يزداد اتساع فترات مصداقية -عدم اليقين- لمعدلات الانجاب التفصيلية في 1986 و2016 عن باقي السنوات، حيث متوسط نصف اتساع الفترة في عام 1986 يساوي (0.045) وفي عام 2016 يساوي (0.043)، وخصوصاً للفئة العمرية (20-35) سنة عن باقي الفئات العمرية، وهي نفس الفئة التي يقترب فيها قيمة وسيط التوزيع البعدي من القيم المبدئية، وتكاد تتطابق القيم في 2016 و2021 ويظهر أكبر اختلاف بينهما في 1991 و2001، وهو ما يتضح في الشكل (2). كما نلاحظ أن الفئة التي تحظى بدرجة أكبر من عدم اليقين - (20-35) سنة- هي الفئة ذات معدلات الإنجاب التفصيلية المرتفعة.

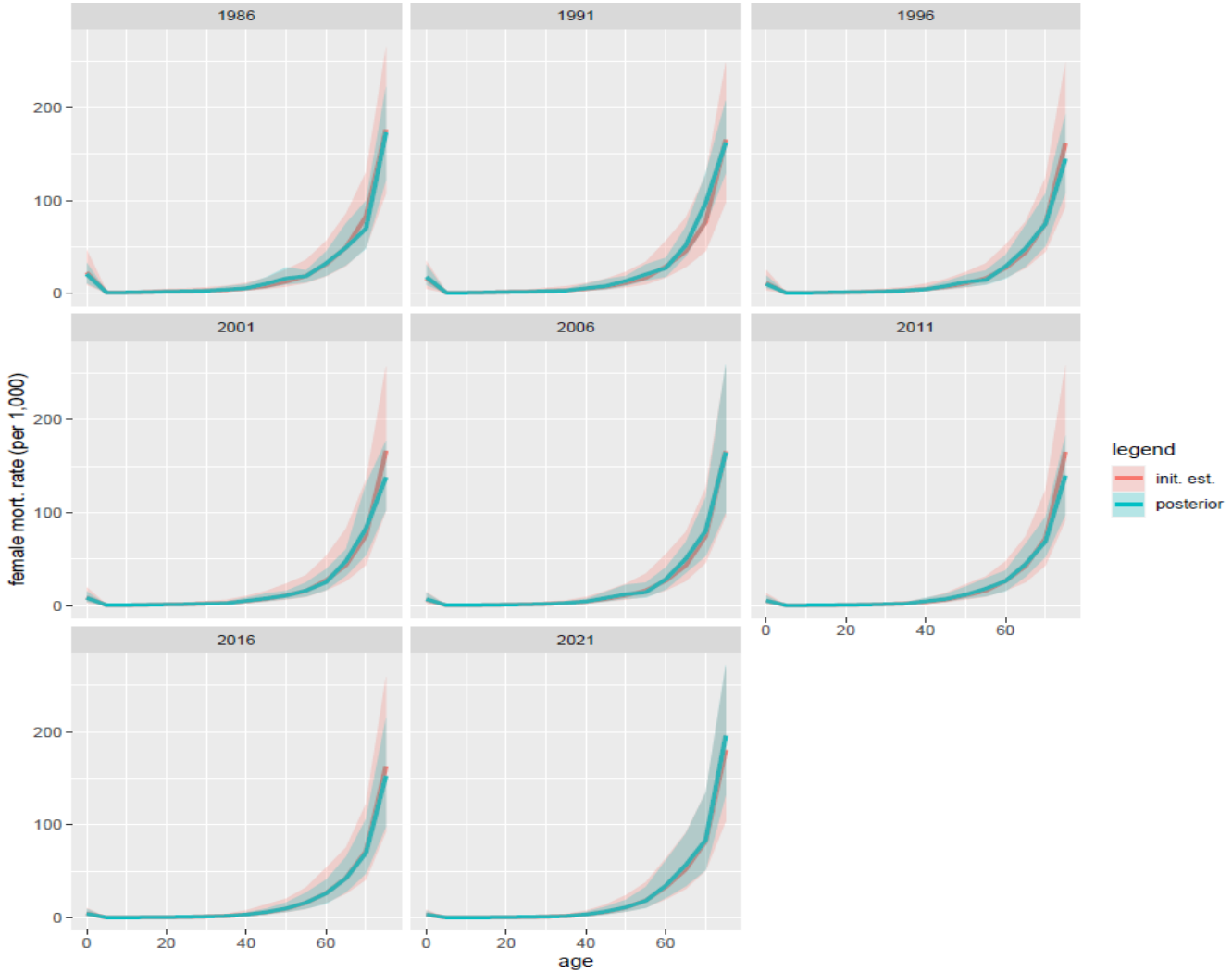


شكل (2): الوسيط وفترة المصدقية باحتمال 95% للقيم المبدئية والقيم البعدية لمعدلات الإنجاب التفصيلية

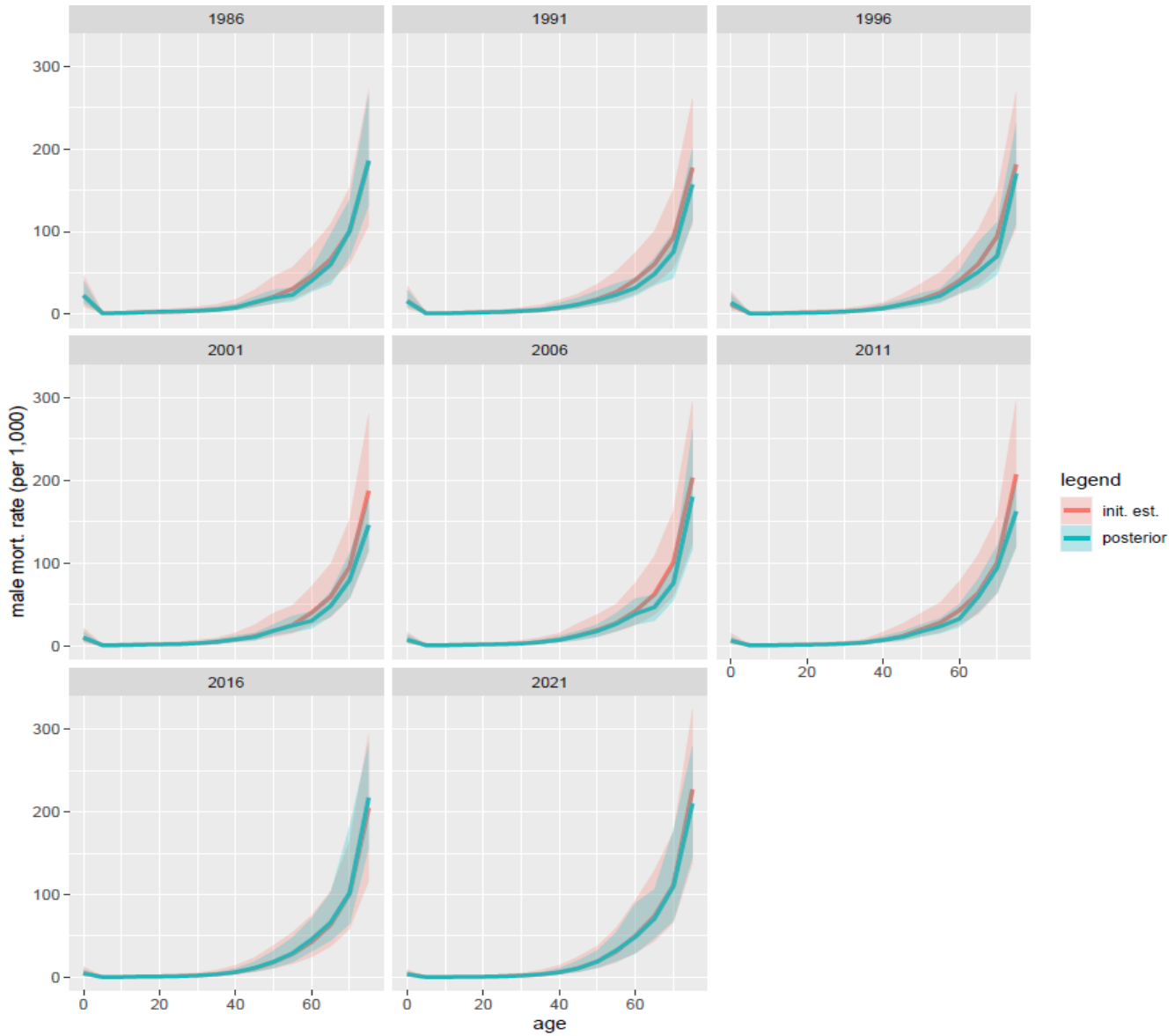
4. 2. الوفيات:

بالنسبة لمعدلات الوفيات التفصيلية، تقترب قيم وسيط التوزيع البعدي من القيم المبدئية للإناث لجميع الفئات العمرية خلال فترة إعادة البناء ماعدا فئة العمر الأكبر سنا (+75) فتختلف فيها قيم الوسيط عن القيم المبدئية نوعا ما ويظهر الاختلاف بشكل أكبر في 2001 (حيث الفرق 28.4 من الألف) و2011 (حيث الفرق 25.5 من الألف). أما عن اتساع فترات المصدقية، فإنه يزيد للفئات العمرية الأكبر سنا ويظهر هذا بشكل أكبر في 2006 حيث متوسط اتساع الفترة (10.8 من الألف) و2021 حيث متوسط اتساع الفترة (11.9 من الألف) مما يدل على زيادة عدم اليقين بالنسبة لمعدلات الوفيات التفصيلية في هذه الفئة ويتضح هذا في الشكل (3). أما بالنسبة للذكور، فلا تختلف النتائج كثيرا عن الإناث فتقترب أيضا قيم وسيط التوزيع البعدي من القيم المبدئية لجميع الفئات العمرية خلال فترة إعادة البناء ماعدا فئة العمر الأكبر سنا (+75) فتختلف فيها قيم الوسيط عن القيم المبدئية نوعا

ما ويظهر الاختلاف بشكل أكبر في 2001 (حيث الفرق 41.4 في الألف) و2011 (حيث الفرق 44.7 في الألف). أما عن اتساع فترات المصادقية، فإنه يزيد للفئات العمرية الأكبر سنا ويظهر هذا بشكل أكبر في 2016 حيث متوسط اتساع الفترة (13.5 في الألف) و2021 حيث متوسط اتساع الفترة (14.3 في الألف) مما يدل على زيادة عدم اليقين بالنسبة لمعدلات الوفيات التفصيلية في هذه الفئة ويتضح هذا في الشكل (4). وبمقارنة الذكور بالإناث نجد أن فترات المصادقية تزيد قليلا في الاتساع للذكور عن الإناث فيما عدا 2001 و 2006 حيث يحدث العكس.

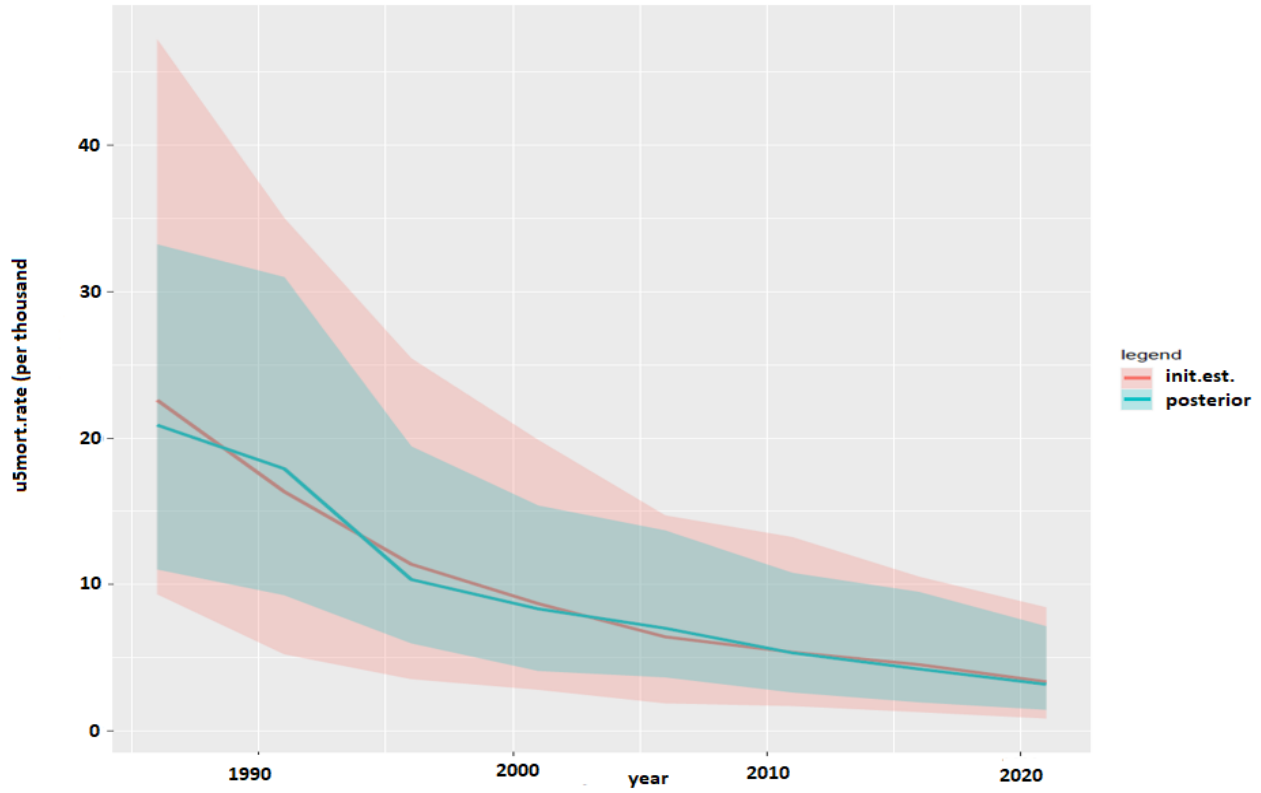


شكل(3): الوسيط وفترة المصادقية باحتمال 95% للقيم المبدئية والقيم البعدية لمعدلات الوفيات التفصيلية للإناث

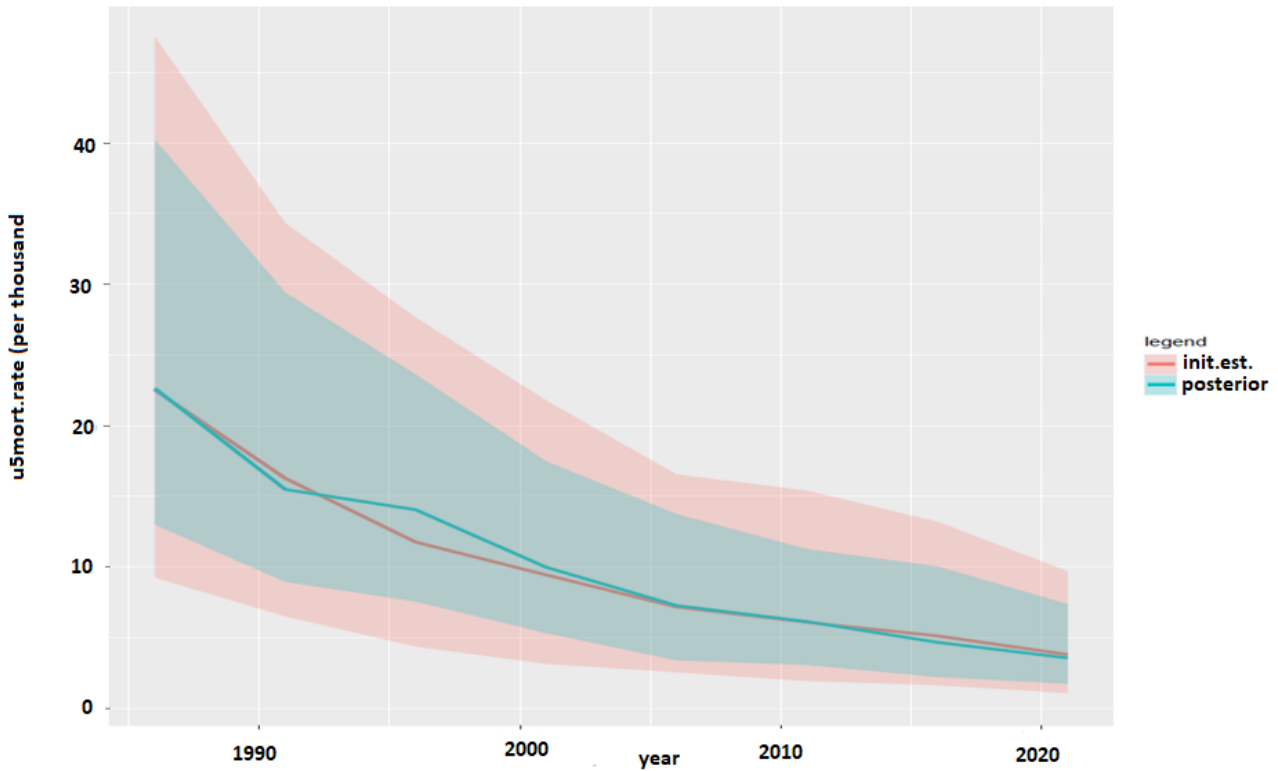


شكل(4): الوسيط وفترة المصدقية باحتمال 95% للقيم المبدئية والقيم البعدية لمعدلات الوفيات التفصيلية للذكور

بالنسبة لمعدل الوفيات دون الخامسة USMR، تختلف قيم وسيط التوزيع البعدي للإناث عن القيم المبدئية في بداية فترة إعادة البناء (أكبر فرق 0.0017 عام 1986) وحتى بداية 2011، ثم تتقارب القيم من 2011 وحتى نهاية فترة إعادة البناء. أما عن اتساع فترات المصدقية فهي تتسع في بداية فترة إعادة البناء (أكبر قيمة 0.011 عام 1986) ويقل اتساعها مع الزمن. أما بالنسبة للذكور، فتكاد تتطابق قيم وسيط التوزيع البعدي مع القيم المبدئية في بداية فترة إعادة البناء - ويزيد هذا الاختلاف في 1996 (أكبر فرق 0.0023 عام 1996) عن زيادته في الإناث، ثم تتقارب القيم من 2011 وحتى نهاية فترة إعادة البناء. كما تتسع فترات المصدقية في بداية فترة إعادة البناء (أكبر قيمة 0.0136 عام 1986) ويقل اتساعها مع الزمن ولكن نلاحظ أن فترات المصدقية لمعدل الوفيات دون الخامسة للذكور أكبر اتساعاً منها في الإناث. وبصفة عامة يقل وسيط التوزيع البعدي لمعدل الوفيات دون الخامسة خلال فترة إعادة البناء سواء للإناث أو للذكور، ويتضح ذلك في الشكل (5) والشكل (6).



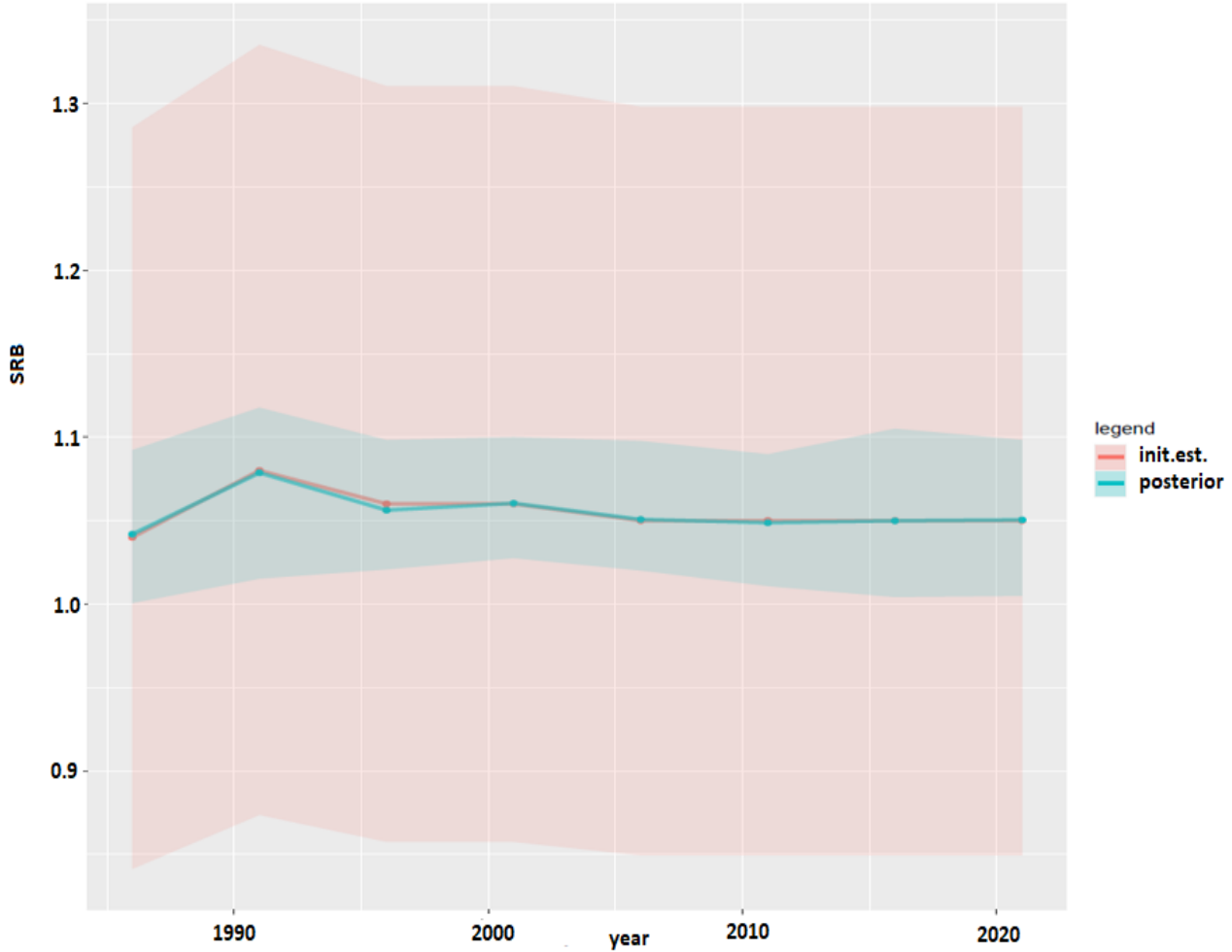
شكل (5): الوسيط وفترة المصدقية باحتمال 95% للقيم المبدئية والقيم البعدية لمعدل الوفيات دون الخامسة للإناث



شكل (6): الوسيط وفترة المصدقية باحتمال 95% للقيم المبدئية والقيم البعدية لمعدل الوفيات دون الخامسة للذكور

4.3. نسبة النوع عند الميلاد:

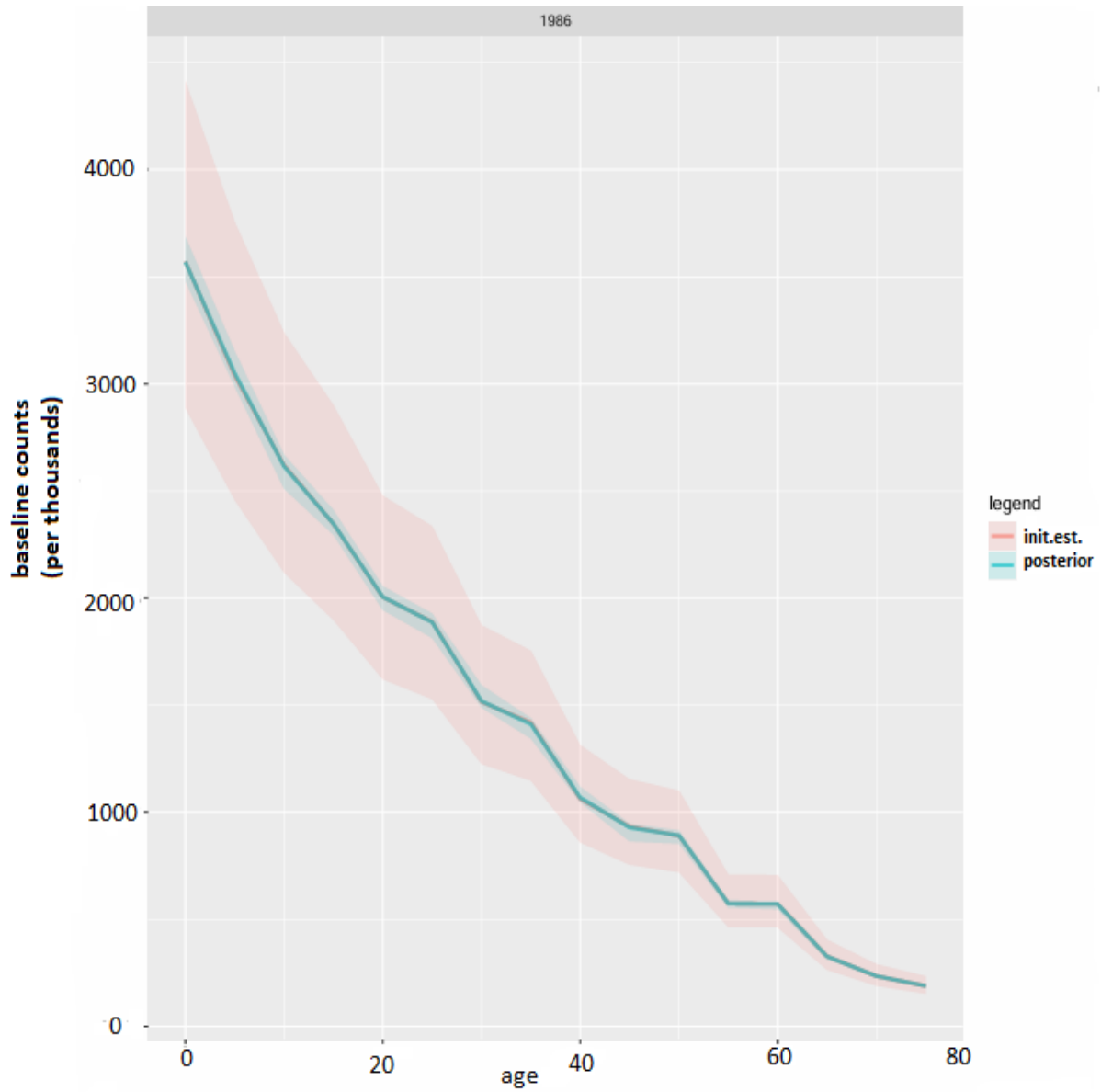
تكاد تتطابق قيم وسيط التوزيع البعدي لنسبة النوع عند الميلاد مع القيم المبدئية له خلال فترة إعادة البناء كلها، كما لا يختلف اتساع فترات المصدقية (درجة عدم اليقين) كثيرا بين سنوات إعادة البناء وإن كان أكثرهم اتساعا عام 1991 (نصف اتساع الفترة يساوي 0.041) يليه عام 2016 (نصف اتساع الفترة يساوي 0.036)، ويوضح ذلك الشكل (7).



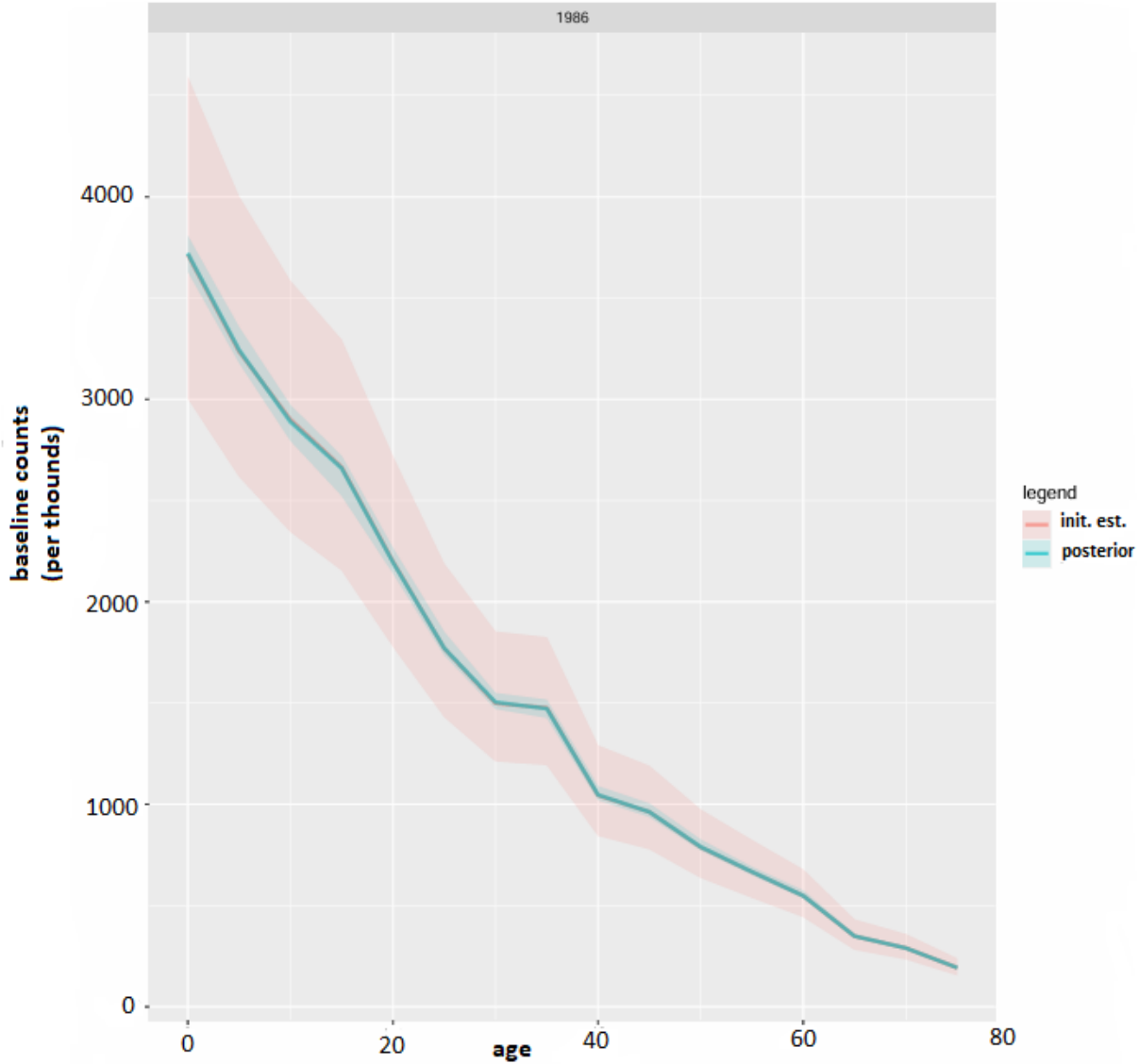
شكل (7): الوسيط وفترة المصدقية باحتمال 95% للقيم المبدئية والقيم البعدية لنسبة النوع عند الميلاد

4.4. التوزيع العمري والنوعي للسكان في سنة الأساس:

يوضح الشكل (8) والشكل (9) مدى اقتراب قيم وسيط التوزيع البعدي لعدد السكان في سنة الأساس من القيم المبدئية لجميع الفئات العمرية- حيث أكبر فرق مطلق بينهما حوالي (11 ألف) سواء للإناث أو الذكور. أما عن اتساع فترات المصدقية فهو ليس بكبير مما يدل على انخفاض عدم اليقين بالنسبة لهذا المقياس كما أنها تقل اتساعا مع العمر.



شكل (8): الوسيط وفترة المصادقية باحتمال 95% للقيم المبدئية والقيم البعدية لعدد السكان الإناث في سنة الأساس

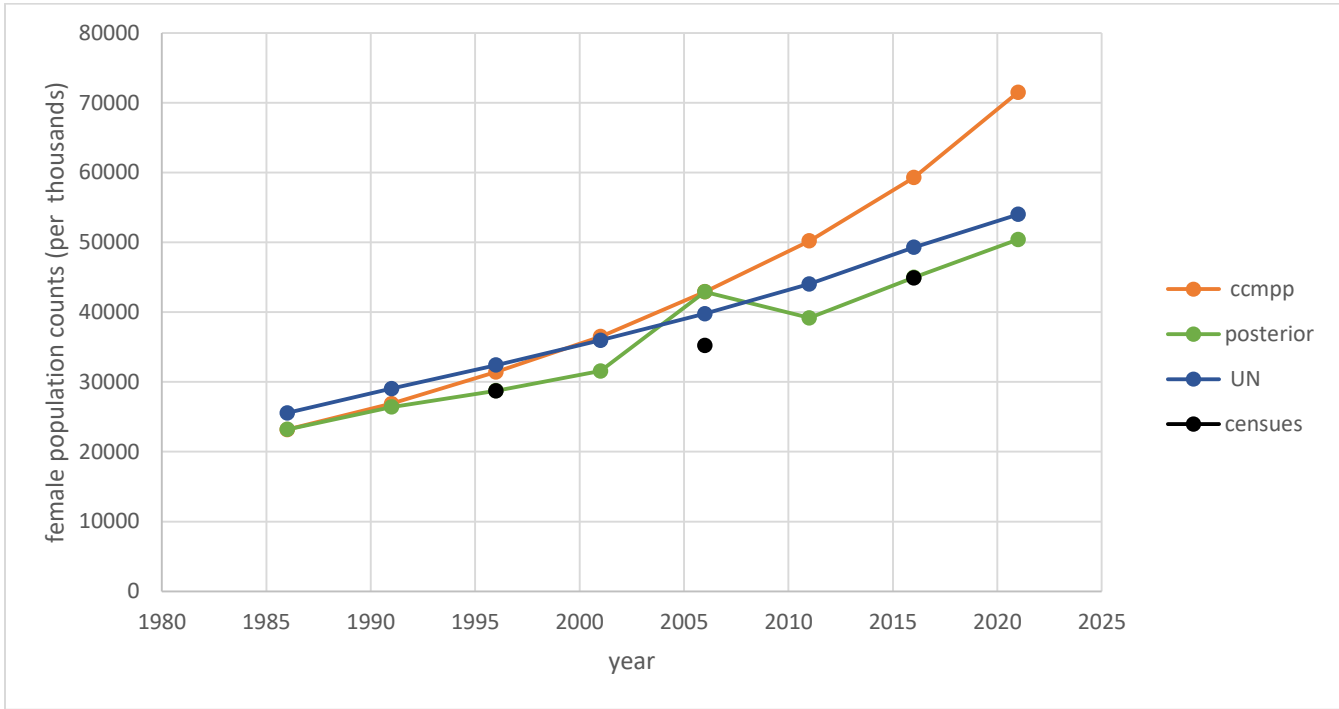


شكل (9): الوسيط وفترة المصدقية باحتمال 95% للقيم المبدئية والقيم البعدية لعدد السكان الذكور في سنة الأساس

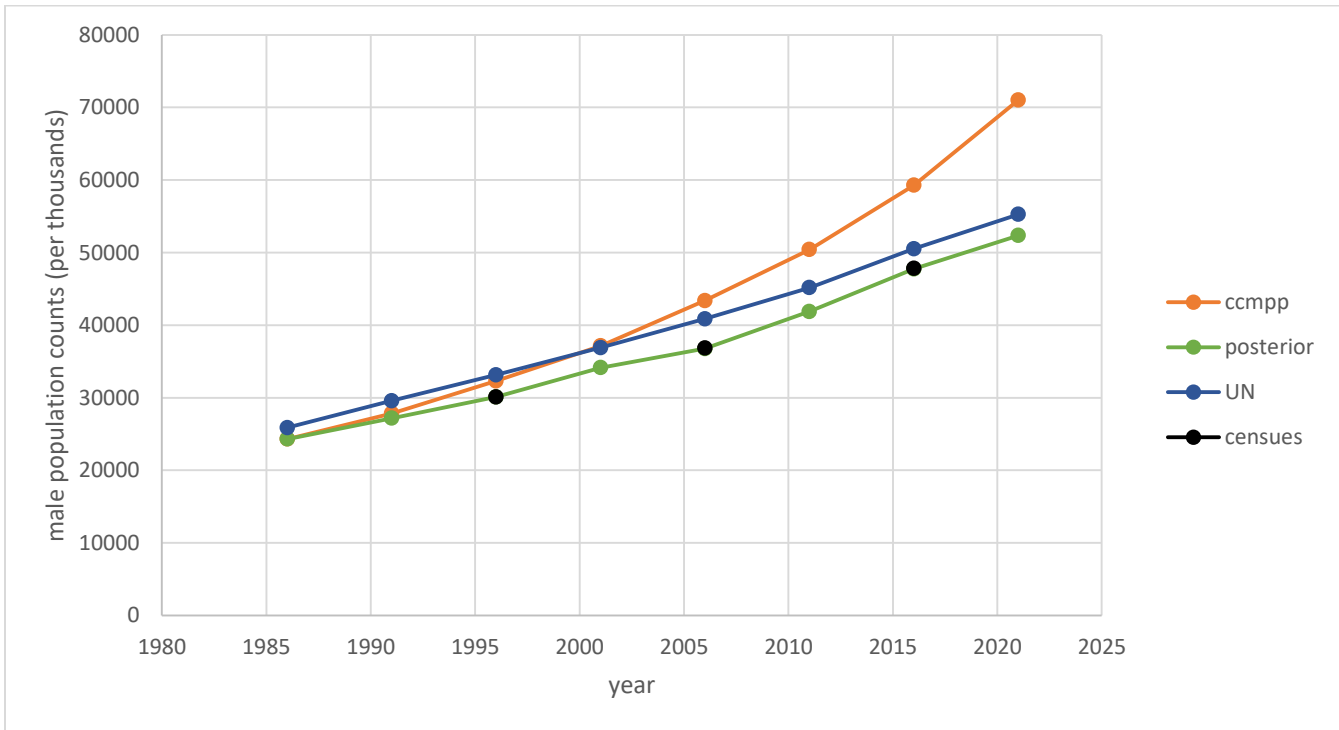
4. 5. التوزيع العمري والنوعي للسكان بعد سنة الأساس:

تكاد تتطابق قيم وسيط التوزيع البعدي لعدد السكان مع القيم المبدئية من التعدادات خلال فترة إعادة البناء كلها، وكلاهما أقل من القيم المبدئية الناتجة من أسلوب مكونات الأفاوج (المستوى الثاني في النموذج) ويظهر هذا الاختلاف بشكل كبير في الفئات العمرية الأصغر سناً وأكثرهم اختلافاً الفئة العمرية الأولى – ربما لأن هذه الفئة (المواليد) هي الأكثر تأثراً بعدم اليقين في معدلات الإنجاب- ويزيد الاختلاف بينهما مع الزمن خلال فترة إعادة البناء. يقل اتساع فترات عدم المصدقية في بداية فترة إعادة البناء حيث أن أقل متوسط نصف اتساع الفترة للإناث يساوي (54 ألف) عام 1996 وللذكور يساوي (59 ألف) في نفس العام. ويزيد اتساع فترات المصدقية مع الزمن حيث أكبر متوسط نصف اتساع الفترة للإناث يساوي (480 ألف) في عام 2021 وللذكور (512 ألف) في عام 2021. وعند مقارنة وسيط التوزيع البعدي والقيم المبدئية من مكونات الأفاوج والقيم المبدئية من التعدادات

بتقديرات الأمم المتحدة لإجمالي الإناث وإجمالي الذكور، وجد أن قيم وسيط التوزيع البعدي قريبة من تقديرات الأمم المتحدة والقيم المبدئية من التعدادات خلال فترة إعادة البناء ويتضح هذا من خلال الشكل (10) والشكل (11).



شكل(10): وسيط التوزيع البعدي والقيم المبدئية من مكونات الأفواج ومن التعدادات (للسنوات المتاحة للتعداد) وتقديرات الأمم المتحدة un لعدد السكان الإناث



شكل(11): وسيط التوزيع البعدي والقيم المبدئية من مكونات الأفواج ومن التعدادات (للسنوات المتاحة للتعداد) وتقديرات الأمم المتحدة un لعدد السكان الذكور

5. الخاتمة:

في هذه الدراسة قمنا بإعادة بناء السكان في جمهورية مصر العربية في الفترة (1986-2021) من خلال تطبيق النموذج البيزي الهرمي المقترح من (Wheldon et al., 2015) استجابة للحاجة إلى القياس الكمي لعدم اليقين في تقديرات المعلمات الرئيسية للسكان بشكل احتمالي كامل يأخذ عدم اليقين في الاعتبار لجميع المعلمات بشكل آني. تم استخدام برنامج R وتحديد الحزمة PopReconstruct لإجراء إعادة بناء السكان من خلال توليد عينات من التوزيع البعدي المشترك للمعلمات باستخدام أسلوب محاكاة سلاسل ماركوف مونت كارلو واستخدام العديد من الحزم الأخرى لاستخلاص النتائج. وقد وجدت الدراسة اقتراب قيم وسيط التوزيع البعدي من القيم المبدئية لمعظم المقاييس خلال فترة إعادة البناء كلها وكذلك انخفاض عدم اليقين حيث أنه بالرغم من اتساع فترات المصادقية في بعض الأحيان إلا أن قيمة هذا الإتساع عدديا كانت قليلة. ففي معدلات الإنجاب التفصيلية تطابقت قيم وسيط التوزيع البعدي مع القيم المبدئية في كثير من الأحيان حيث (أكبر فرق 0.065 وأكبر قيمة لعدم اليقين 0.045). وتطابقت القيم لمعدلات الوفيات التفصيلية ماعدا الفئة +75 حيث (أكبر فرق للإناث 0.028 وللذكور 0.044 ، وأكبر قيمة لعدم اليقين للإناث 0.012 وللذكور 0.014). وبالنسبة لمعدل الوفيات دون الخامسة فقد أقتربت قيم وسيط التوزيع البعدي من القيم المبدئية مع الزمن حيث (أكبر فرق للإناث 0.0017 عام 1986 وللذكور 0.0023 عام 1996)، وأكبر قيمة لعدم اليقين للإناث (0.0111) وللذكور (0.0136) في عام 1986 وقل أكثر مع الزمن. وتتطابقت قيم وسيط التوزيع البعدي مع القيم المبدئية لنسبة النوع عند الميلاد خلال الفترة كلها وقد كانت أكبر قيمة لعدم اليقين (0.041). وبالنسبة للتوزيع العمري والنوعي للسكان، فقد تطابقت قيم وسيط التوزيع البعدي مع القيم المبدئية من التعدادات السكانية طول فترة إعادة البناء وكلاهما كان أقل من القيم المبدئية المحسوبة بأسلوب مكونات الأوج (المستوى الثاني في النموذج) بالنسبة للفئة العمرية الأصغر سنا لتأثرها بعدم اليقين في معدلات الإنجاب، وقد كانت أكبر قيمة لعدم اليقين للإناث (480 ألف) وللذكور (512 ألف) عام 2021. وعند مقارنة وسيط التوزيع البعدي والقيم المبدئية من مكونات الأوج والقيم المبدئية من التعدادات بتقديرات الأمم المتحدة لإجمالي الإناث وإجمالي الذكور، وجد أن قيم وسيط التوزيع البعدي قريبة من تقديرات الأمم المتحدة والقيم المبدئية من التعدادات خلال فترة إعادة البناء. نستخلص من النتائج السابقة أن انخفاض عدم اليقين للتقديرات السكانية في مصر يدل على انخفاض أخطاء القياس في هذه التقديرات، وهو ما يدل على دقة البيانات السكانية في مصر. ولابد من الإشارة هنا إلى أن إعادة بناء السكان الذي قامت به الدراسة لا يستخدم فقط في تقدير أخطاء قياس البيانات ولكن يمكن الاستفادة منه أيضا في تقدير أعداد السكان في الماضي في حالة غياب كل أو جزء من البيانات، حيث يمكن الاعتماد على قيم وسيط التوزيع البعدي الناتج من النموذج كتقدير للبيانات السكانية في الماضي. وتوصي الدراسة بإجراء المزيد من الدراسات السكانية في مصر باستخدام المنهج الاحتمالي و كذلك إعادة البناء لبعض المقاييس الإجمالية مثل معدل الإنجاب الكلي وتوقع الحياة عند الميلاد باستخدام النموذج البيزي.

المراجع:

1. Alexander, M. and Alkema, L. (2018) A Bayesian hierarchical model to estimate subnational populations of women of reproductive age. PAA 2018.
2. Bryant, J. R. and Graham, P. J. (2013) Bayesian demographic accounts: subnational population estimation using multiple data sources. *Baysn Anal.*, 8, 591–622.
3. CAPMAS: <http://www.capmas.gov.eg/>
4. Daponte, B. O., Kadane, J. B. and Wolfson, L. J. (1997) Bayesian demography: projecting the Iraqi Kurdish population, 1977–1990. *J. Am. Statist. Ass.*, 92, 1256–1267.
5. Durowaa–Boateng, A., Yildiz, D., and Goujon, A. (2023) A Bayesian model for the reconstruction of education– and age–specific fertility rates: An application to African and Latin American countries, IIASA, Austria, WP–23–007.
<https://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/18890/1/WP-23-007.pdf>
6. El-Zanaty, Fatma and Ann Way. (1989) Egypt Demographic and Health Survey 1988. Calverton, Maryland [USA]: Ministry of Health and Population [Egypt], National Population Council and ORC Macro.
7. El-Zanaty, Fatma and Ann Way. (1993) Egypt Demographic and Health Survey 1992. Calverton, Maryland [USA]: Ministry of Health and Population [Egypt], National Population Council and ORC Macro.
8. El-Zanaty, Fatma and Ann Way. (1996) Egypt Demographic and Health Survey 1995. Calverton, Maryland [USA]: Ministry of Health and Population [Egypt], National Population Council and ORC Macro.
9. El-Zanaty, Fatma and Ann Way. (2001) Egypt Demographic and Health Survey 2000. Calverton, Maryland [USA]: Ministry of Health and Population [Egypt], National Population Council and ORC Macro.
10. El-Zanaty, Fatma and Ann Way. (2006). Egypt Demographic and Health Survey 2005. Cairo, Egypt: Ministry of Health and Population, National Population Council, El-Zanaty and Associates, and ORC Macro.
11. El-Zanaty, Fatma and Ann Way. (2009). Egypt Demographic and Health Survey 2008. Cairo, Egypt: Ministry of Health, El-Zanaty and Associates, and Macro International.

12. Johansen H.C. and Oeppen J. (2001), Danish Population Estimates 1665–1840. Research Report 21, Danish Center for Demographic Research, SDU, Odense University, Odense, Denmark.
13. Lee R. D. (1974), Estimating series of vital rates and age structure from baptisms and burials: A new technique, with applications to pre-industrial England. *Population Studies* 28(3), 495–512.
14. Leeuwenn M. H. D. and Oeppen J. (1993), Reconstructing the demographic regime of Amsterdam 1681–1920. *Economic and Social History in the Netherlands* 5,61–102.
15. McCaa, Robert & Barbi, Elisabetta. (2004). Inverse Projection: Fine-Tuning and Expanding the Method. 10.1007/978-3-662-08016-0_2.
16. Ministry of Health and Population [Egypt], El-Zanaty and Associates [Egypt], and ICF International. (2015). *Egypt Demographic and Health Survey 2014*. Cairo, Egypt and Rockville, Maryland, USA: Ministry of Health and Population and ICF International.
17. Oeppen, J. (1993b) Generalized inverse projection. In *Old and New Methods in Historical Demography* (eds D. S. Reher and R. Schofield), ch. 2, pp. 29–39. Oxford: Clarendon.
18. Raymer, J., Wiśniowski, A., Forster, J. J., Smith, P. W. F. and Bijak, J. (2013) Integrated modeling of European migration. *J. Am. Statist. Ass.*, 108, 801–819.
19. United Nations (2022) *World Population Prospects: the 2022 Revision*. New York: Department of Economic and Social Affairs.
20. Wheldon, M. C., Raftery, A. E., Clark, S. J. and Gerland, P. (2013a) Reconstructing past populations with uncertainty from fragmentary data. *J. Am. Statist. Ass.*, 108, 96–110.
21. Wheldon, M. C., Raftery, A. E., Clark, S. J. and Gerland, P. (2015) Bayesian reconstruction of two-sex populations by age: estimating sex ratios at birth and sex ratios of mortality. *J. R. Statist. Soc. A* (2015), 178, Part 4, pp. 977–1007.
22. Wrigley, E. A., and Schofield, R. S. (1981), *The Population History of England, 1541–1871: A Reconstruction*, London: Edward Arnold
23. Wrigley E. A, Davies R., Oeppen J. and Schofield, R. S. (1997), *English Population History from Family Reconstitutions 1580–1837*. Cambridge University Press, Cambridge, Eng.
24. Voutilainen M., Helske J. and Högmänder H. (2020), A Bayesian Reconstruction of a Historical Population in Finland, 1647–1850. *Demography* (2020) 57:1171–1192