



التنبؤ بالتحويلات السكانية المستقبلية لشباب الريف في منطقة صبراتة: دراسة تحليلية باستخدام مصفوفة الانتقال ماركوف

وفاء عبد السلام على كرة
جامعة الزاوية - قسم تحليل البيانات

W.karah@zu.edu.ly

<https://orcid.org/0009-0003-7857-1444>

Forecasting Future Demographic Shifts Among Rural Youth in the Sabratha Region:

An Analytical Study Using the Markov Transition Matrix

Wafaa Abdulsalam Ali Kura

University of Zawia – Department of Data Analysis

تاريخ الاستلام: 2026/07/13 - تاريخ المراجعة: 2026/07/23 - تاريخ القبول: 2026/08/21 - تاريخ النشر: 2026/9/13

الملخص

تهدف هذه الدراسة إلى استشراف المسارات الديموغرافية المستقبلية لشباب الريف في منطقة صبراتة (الفئة العمرية 18-35 عاماً) كحالة دراسية تمثل المناطق الريفية الساحلية الليبية التي تعاني من ضغوط هجرة مرتفعة. اعتمد البحث على المنهج الكمي باستخدام سلاسل ماركوف (Markov Chains) كنموذج احتمالي لنمذجة حركة الانتقال بين ثلاث حالات أساسية: الاستقرار الريفي، النزوح الحضري (باتجاه مدينة صبراتة أو طرابلس الكبرى)، والهجرة الدولية (عبر السواحل الجنوبية لأوروبا). تم بناء مصفوفة انتقال تعكس ديناميكيات الهجرة في السياق المحلي، بالاعتماد على بيانات أولية مستخلصة من استبيان ميداني تم تصميمه خصيصاً لهذه الدراسة (عينة عشوائية طبقية بلغت 200 شاب)، بالإضافة إلى تقارير المنظمات الدولية والدراسات السابقة. كشفت النتائج المستخلصة من مصفوفة احتمالات الانتقال عن هشاشة كبيرة في معدلات الاستقرار الريفي، حيث بلغ احتمال البقاء في الريف 0.55 فقط. وتنبأت عمليات المحاكاة أنه في حال استمرار الاتجاهات الحالية، فإن الريف في منطقة صبراتة سيواجه "إفراغاً ديموغرافياً" حاداً بحلول عام 2040، حيث ستركز أكثر من 65% من الكتلة الشبابية في حالة "الهجرة الدولية" على المدى الطويل (حالة الاستقرار). كما أظهر تحليل متوسط وقت الانتقال الأول (MFPT) أن المدن تعمل كمحطات عبور تسرع عملية الهجرة الدولية، حيث يستغرق الانتقال من الحضر إلى الهجرة الدولية حوالي 17 سنة مقارنة بـ 24 سنة من الريف. تخلصت الدراسة إلى ضرورة التدخل بسياسات تنمية مكانية تستهدف رفع "قيمة البقاء" في الريف المحلي، مع تقديم نموذج كمي يمكن تطبيقه على مناطق ريفية أخرى في ليبيا.

الكلمات المفتاحية: سلاسل ماركوف، شباب الريف الليبي، منطقة صبراتة، التنبؤ السكاني، الهجرة الدولية، النزوح الحضري.

Abstract

This study aims to forecast the future demographic trajectories of rural youth in the Sabratha region (aged 18-35) as a case study representing coastal rural areas in Libya experiencing high migration pressures. The research employs a quantitative approach utilizing Markov Chains to model transitions between three primary states: rural retention, urban migration (towards Sabratha city or Greater Tripoli), and international migration (via the southern European coastlines). A transition matrix reflecting local migration dynamics was constructed based on primary data derived from a specifically designed field questionnaire (a stratified random sample of 200 youth), alongside international organization reports and previous studies. The findings revealed significant fragility in rural stability rates, with a rural retention probability of only 0.55. Predictive simulations indicate that if current trends persist, the rural areas of Sabratha will face severe "demographic depletion" by 2040, with over 65% of the youth population concentrated in the "international migration" state in the long term (steady state). The Mean First Passage Time (MFPT) analysis revealed that cities act as transit hubs accelerating international migration, taking approximately 17 years from urban areas compared to 24 years from rural areas. The study concludes that spatial

development interventions are crucial to enhance the "retention value" in the local rural areas, providing a quantitative model applicable to other rural regions in Libya. Keywords: Markov Chains, Libyan Rural Youth, Sabratha Region, Population Forecasting, International Migration, Urban Displacement.

1. المقدمة

تُعد ديناميكيات التحول السكاني في المجتمعات الريفية من أكثر القضايا تعقيداً في الجغرافيا البشرية وعلم الاجتماع السكاني المعاصر، خاصة في الدول التي تشهد تحولات سياسية واقتصادية جذرية. فالهجرة من الريف إلى الحضر ليست مجرد حركة مكانية للأفراد، بل هي عملية تحول هيكلية تعيد تشكيل النسيج الاقتصادي والاجتماعي والثقافي للمجتمعات الريفية، وتؤثر بعمق على أنماط الإنتاج والاستهلاك، وتوزيع الثروة، والاستقرار السياسي (Lee, 1966; Todaro, 1969). وفي الحالة الليبية، يمثل شباب الريف الكتلة الحيوية الأكثر تأثراً بالتغيرات الجيوسياسية والاقتصادية التي شهدتها البلاد في العقد الأخير. (IOM, 2026)

ومع ذلك، فإن الخصوصيات المكانية في ليبيا تجعل من الضروري تجاوز الدراسة على المستوى الوطني لتقديم تحليلات أكثر عمقاً ودقة. فالمناطق الريفية الليبية تتباين تبايناً كبيراً في خصائصها الديموغرافية والاقتصادية والاجتماعية، مما يستدعي دراسات حالة محلية تلتقط هذا التنوع. من هنا، تختار هذه الدراسة منطقة صبراتة كحالة دراسية، وهي مدينة ساحلية تاريخية تقع على بعد حوالي 70 كيلومتراً غرب طرابلس، وتتميز بقطاع زراعي تقليدي (يعتمد على زراعة الزيتون والحبوب والخضروات) وثروة سمكية، بالإضافة إلى موقع استراتيجي جعلها نقطة عبور للهجرة غير النظامية نحو السواحل الأوروبية.

تمثل منطقة صبراتة نموذجاً للريف الليبي المتأخم للحضر والذي يعاني من ضعف البنية التحتية، ومحدودية الفرص الاقتصادية، وارتفاع معدلات البطالة، مما يجعله بؤرة للهجرة الداخلية والخارجية (المنظمة الدولية للهجرة، 2023؛ مقابلات ميدانية، 2024-2025). كما أن القرب النسبي من العاصمة طرابلس ومن الساحل المتوسطي يزيد من تعقيد ديناميكيات الهجرة في المنطقة، حيث يصبح الشباب أكثر عرضة لتأثيرات شبكات الهجرة ووسائل الإعلام التي تروج لفرص الحياة في الخارج.

إن الانتقال من نمط الحياة الريفي إلى الحضري أو الهجرة الخارجية في منطقة صبراتة يحمل تداعيات عميقة على المستوى المحلي والوطني. فعلى المستوى المحلي، يؤدي استنزاف الشباب إلى شيوخة السكان، وتدهور القطاع الزراعي، وانهيار الخدمات المجتمعية، وفقدان الموروث الثقافي المرتبط بالأرض. وعلى المستوى الوطني، يساهم هذا النزف الديموغرافي في تفاقم مشكلة الزحف العمراني العشوائي في المدن الكبرى، وزيادة الاعتماد على الواردات الغذائية، وإضعاف الأمن الغذائي الوطني، وتقويض جهود التنمية المستدامة (جبريل، 2018؛ البنك الدولي، 2024).

تأتي هذه الدراسة لتقديم رؤية استشرافية تعتمد على النمذجة الرياضية باستخدام مصفوفة الانتقال ماركوف (Markov Transition Matrix)، لتجاوز الوصف السطحي نحو التنبؤ الرقمي الدقيق بمسارات الاستقرار والنزوح والهجرة في هذه المنطقة الحيوية. ويتميز نموذج ماركوف بقدرته على التعامل مع العمليات العشوائية (Stochastic Processes) التي تعتمد حالتها المستقبلية على وضعها الراهن فقط، مما يجعله أداة قوية في نمذجة السلوك البشري والديناميكيات السكانية التي تتسم بعدم اليقين. (Kemeny & Snell, 1976; Isham, 2005)

2. مشكلة الدراسة وأهدافها

2.1 مشكلة الدراسة

تواجه المناطق الريفية في محيط صبراتة استنزافاً مستمراً في مواردها البشرية الشابة، مما أدى إلى اختلال التوازن الديموغرافي بين الريف والحضر، وتآكل النسيج الاجتماعي والاقتصادي التقليدي، وتراجع الإنتاج الزراعي المحلي. وتكمن المشكلة البحثية في ضبابية الرؤية المستقبلية لحجم واتجاه هذه التحويلات على المستوى المحلي، وصعوبة الاعتماد على المسوح التقليدية وحدها في ظل التغيرات المتسارعة وتعقيد العوامل المؤثرة في الهجرة. كما أن غياب النماذج الكمية الدقيقة التي تتعامل مع الطبيعة الاحتمالية للهجرة يشكل عائقاً أمام رسم سياسات تنموية فعالة قائمة على الأدلة. لذا يطرح البحث التساؤل الرئيس التالي:

ما هي الاحتمالات المتوقعة لتحويلات شباب الريف في منطقة صبراتة بين الاستقرار والنزوح والهجرة الدولية خلال العقود القادمة، بناءً على مصفوفة انتقال ماركوف المستخلصة من بيانات ميدانية محلية؟ وينبثق عن هذا التساؤل الرئيس الأسئلة الفرعية التالية:

- ما هي الأنماط الحالية لتوزيع شباب الريف في منطقة صبراتة وعوامل الاستقرار والنزوح والهجرة لديهم؟
- ما هي احتمالات الانتقال بين حالات الاستقرار الريفي، والنزوح الحضري، والهجرة الدولية في السياق المحلي؟

- ما هو التوزيع المتوقع لشباب المنطقة في المستقبل (حتى عام 2045) في ظل استمرار الاتجاهات الحالية؟
- ما هو التوزيع التوازني (طويل الأمد) للشباب بين الحالات الثلاث، وما هي النقطة الزمنية التي قد يصل فيها الريف إلى "الإفراغ الديموغرافي"؟
- ما هي حساسية النموذج للتغيرات في احتمالات الانتقال الأساسية، وما هو متوسط الوقت اللازم للانتقال بين الحالات المختلفة؟

2.2 أهداف الدراسة

1. رصد وتحليل الأنماط الحالية لتوزيع شباب الريف في منطقة صبراتة، وتحديد "حالات الانتقال" (States) الأساسية وعوامل الدفع والجذب المؤثرة فيها، بناءً على معطيات ميدانية مستخلصة من استبيان ميداني.
2. بناء مصفوفة احتمالات انتقال محلية تعكس كفاءة استيعاب الريف لشبابه مقابل جاذبية المراكز الحضرية القريبة (مدينة صبراتة وطرابلس الكبرى) ودوافع الهجرة الدولية في هذا السياق المكاني المحدد.
3. التنبؤ بالتوزيع المستقبلي للشباب بين الحالات الثلاث حتى عام 2045، والكشف عن الوضعية التوازنية (Steady State) للأمد البعيد، وتحديد النقطة الزمنية التي قد يصل فيها الريف المحلي إلى "الإفراغ الديموغرافي".
4. إجراء تحليل حساسية متقدم لتقييم تأثير التغيرات في احتمالات البقاء في الريف والحضر على التوزيعات طويلة الأمد، وحساب متوسط أوقات الانتقال الأولى (MFPT) بين الحالات المختلفة لفهم ديناميكيات النظام بشكل أعمق.
5. تقييم فاعلية النماذج الستوكاستية (الاحتمالية) في معالجة البيانات السكانية المستخلصة من عينة محلية، والتحقق من جودة المطابقة (Goodness of Fit) للنموذج، مما يقدم نموذجاً منهجياً يمكن تعميمه على مناطق ريفية أخرى في ليبيا.

3. أهمية الدراسة

3.1 الأهمية العلمية

تقدم هذه الدراسة إضافة منهجية نوعية للمكتبة الليبية والعربية عبر دمج "الرياضيات السكانية" بالدراسات الاجتماعية، وتطبيق نموذج ماركوف الذي يتميز بقدرته على التعامل مع المتغيرات التي تعتمد حالتها المستقبلية على وضعها الراهن فقط، وهو ما يتناسب مع طبيعة الظواهر السكانية المعقدة وغير اليقينية (Kemeny & Snell, 1976; Isham, 2005). كما تسهم الدراسة في إثراء الأدبيات المتعلقة بالتحويلات الديموغرافية في مناطق النزاع وما بعد النزاع، مع التركيز على أهمية التحديد المكاني (المحلي) في الدراسات التنبؤية، وهو ما تفتقر إليه الكثير من الأبحاث السابقة في السياق الليبي التي غالباً ما تعتمد على التحليلات الوصفية أو الوطنية العامة (المنصور، 2020؛ جبريل، 2018).

تقدم الدراسة أيضاً نموذجاً منهجياً متكاملًا يجمع بين جمع البيانات الميدانية الأولية (الاستبيانات) والتحليل الكمي المتقدم باستخدام سلاسل ماركوف، مع تحليلات معمقة للحساسية وأوقات الانتقال، مما يشكل إطاراً مرجعياً يمكن للباحثين الآخرين تطبيقه في سياقات مكانية وزمانية مختلفة. كما أنها تساهم في اختبار صحة نظرية "الجذب والطرْد" (Lee, 1966) ونموذج "تودارو" (Todaro, 1969) في سياق ليبي محلي، مما يثري النقاش النظري حول الهجرة في المجتمعات العربية وما بعد النزاع.

3.2 الأهمية التطبيقية

تتمثل الأهمية التطبيقية لهذه الدراسة في توفير قاعدة بيانات تنبؤية دقيقة لمتخذي القرار على المستوى المحلي (بلدية صبراتة) والوطني (وزارة التخطيط، وزارة العمل والتأهيل، وزارة الزراعة)، للمساعدة في تصميم سياسات "التوطين الريفي" وتوزيع الخدمات والاستثمارات بناءً على تدفقات الهجرة المتوقعة في هذه المنطقة تحديداً. يمكن أن تسهم النتائج في صياغة استراتيجيات تنموية مستدامة تهدف إلى:

- تعزيز الاستقرار السكاني في المناطق الريفية والحد من النزوح والهجرة.
 - تحقيق الأمن الغذائي الوطني من خلال دعم الإنتاج الزراعي المحلي.
 - الحفاظ على الهوية الثقافية والموروث المجتمعي للمنطقة.
 - توجيه الاستثمارات والخدمات بشكل عقلاني وفقاً للاحتياجات الفعلية للسكان المتوقعين.
 - توفير نظام إنذار مبكر للكشف عن المناطق المهددة بـ "الإفراغ الديموغرافي" والتدخل قبل فوات الأوان.
- كما يمكن للجهات المعنية بالهجرة (المنظمة الدولية للهجرة، المفوضية السامية للأمم المتحدة لشؤون اللاجئين) الاستفادة من نتائج الدراسة في فهم ديناميكيات الهجرة في الساحل الليبي الغربي، وتصميم برامج تدخل تستهدف معالجة الأسباب الجذرية للهجرة غير النظامية.

4. فرضيات الدراسة وحدودها

4.1 فرضيات الدراسة

1. توجد علاقة ذات دلالة إحصائية بين تدهور البنية التحتية والفرص الاقتصادية في ريف صبراتة وزيادة احتمالات الانتقال من حالة "الاستقرار الريفي" إلى حالة "النزوح الحضري" أو "الهجرة الدولية". ويتجلى ذلك في انخفاض احتمال البقاء في الريف (أقل من 0.60) وارتفاع احتمال النزوح والهجرة.
2. يتجه النظام السكاني لشباب الريف في صبراتة نحو "حالة امتصاص" في مدينة صبراتة، وطرابلس الكبرى، والخارج، مما يقلل من فرص العودة العكسية للريف ما لم تتغير مصفوفة المحفزات الاقتصادية والاجتماعية بشكل جذري. ويتوقع أن تكون احتمالات العودة من الحضر إلى الريف ومن الهجرة الدولية إلى الريف منخفضة جداً (أقل من 0.10).
3. تعمل المدن القريبة (صبراتة وطرابلس) كمحطات عبور (Transit Hubs) تسرع من وتيرة الهجرة الدولية، مما يعني أن احتمال الانتقال من الحضر إلى الهجرة الدولية سيكون أعلى من احتمال الانتقال من الريف مباشرة إلى الهجرة الدولية.
4. تؤدي زيادة جاذبية الريف (ارتفاع احتمالية البقاء فيه) إلى انخفاض ملحوظ في نسبة الهجرة الدولية على المدى الطويل، مما يؤكد فعالية سياسات التنمية الريفية في الحد من الهجرة.

4.2 حدود الدراسة

- الحدود البشرية: الشباب الليبي من أبناء منطقة صبراتة في الفئة العمرية (18-35 سنة)، وهم الفئة الأكثر حراكاً وتأثراً بعوامل الهجرة، والأكثر تمثيلاً للقوة العاملة والإنتاجية في المجتمع.
- الحدود المكانية: المناطق الريفية التابعة لبلدية صبراتة (تحديداً القرى والمناطق الزراعية المحيطة بالمدينة مثل مناطق النخيل، والمناطق الساحلية القريبة، والتجمعات الزراعية في السهل الساحلي الغربي). تم اختيار هذه المناطق لتمثيلها للريف الساحلي الليبي الذي يجمع بين الزراعة التقليدية والصيد والقرب من المدن وطرق الهجرة.
- الحدود الزمنية: فترة التنبؤ تمتد من عام 2025 إلى عام 2045 (20 عاماً، مقسمة إلى 4 فترات زمنية مدة كل منها 5 سنوات)، وهي فترة زمنية كافية لإظهار الاتجاهات الديموغرافية طويلة المدى ووصول النظام إلى حالة الاستقرار. تم جمع البيانات الميدانية في الفترة بين (نوفمبر 2024 - مارس 2025).
- حدود البيانات: تعتمد الدراسة على بيانات ميدانية أولية (استبيانات) وبيانات تقديرية مستمدة من تقارير المنظمات الدولية والدراسات السابقة، مما قد يحمل بعض درجات عدم اليقين المرتبطة بجودة البيانات في السياق الليبي. ومع ذلك، فقد تم تصميم المنهجية لتقليل هذا القيد من خلال استخدام عينة ميدانية وتحليلات الحساسية التي تختبر مائة النتائج.
- حدود النموذج: يعتمد نموذج ماركوف على افتراض ثبات احتمالات الانتقال بمرور الزمن (افتراض الثبات الزمني)، وهو افتراض قد لا ينطبق تماماً في السياقات المتغيرة. وقد تم التعامل مع هذا القيد من خلال تحليل الحساسية واستعراض سيناريوهات مختلفة.

5. الإطار النظري

يستعرض هذا الفصل الأسس النظرية التي تفسر التحويلات السكانية لشباب الريف، مع التركيز على المناهج التي حاولت مكنة التنبؤ السكاني. ينقسم الإطار النظري هنا إلى ثلاثة مستويات؛ الأول سوسيولوجي ديموغرافي يفسر دوافع الحركة في السياق المحلي، والثاني رياضي احتمالي يوضح فلسفة النمذجة عبر سلاسل ماركوف، والثالث يسلط الضوء على خصوصية التحويلات السكانية في المجتمع الليبي ومنطقة صبراتة.

5.1 نظريات الهجرة والتحول السكاني الريفي

تُعد الهجرة من الريف إلى الحضر ظاهرة ديناميكية تخضع لتدخلات معقدة من العوامل الاقتصادية والاجتماعية والسياسية والبيئية. وقد حاولت العديد من النظريات تفسير هذه الظاهرة، ومن أبرزها:

نظرية الجذب والطرْد (Push-Pull Theory) تؤكد نظرية "الجذب والطرْد" التي طورها ليفرت لي (Lee, 1966) أن اتجاهات الشباب الريفي محكومة بفجوة الإمكانيات بين المنشأ والمقصد. ففي منطقة المنشأ (الريف)، توجد عوامل طرد (Push Factors) تدفع السكان إلى المغادرة، مثل البطالة، والفقر، وضعف الخدمات، وانعدام الأمن، وتدهور الموارد الطبيعية. وفي منطقة المقصد (المدينة/الخارج)، توجد عوامل جذب (Pull Factors) تجذب السكان، مثل فرص العمل، والأجور المرتفعة، والخدمات المتطورة، والأمن والاستقرار، وحرية الحركة (Lee, 1966).

وفي سياق منطقة صبراتة، تتجلى عوامل الطرد في الريف من خلال محدودية الفرص الزراعية (بسبب شح المياه، وتدهور التربة، وعدم تحديث القطاع الزراعي، وغياب الدعم الحكومي)، وغياب الخدمات التعليمية والصحية المتخصصة، وضعف البنية التحتية (الطرق، الكهرباء، الاتصالات)، وارتفاع معدلات البطالة بين الشباب. في المقابل، تمثل مدينة صبراتة وطرابلس الكبرى (المدن الحاضنة) بؤر جذب إداري وخدمي، حيث

تتركز فيها المؤسسات الحكومية، والشركات الخاصة، والأسواق، والجامعات، والمستشفيات، بالإضافة إلى الشبكات العائلية التي تسهل عمليات التوطين والتكيف (جبريل، 2018؛ مقابلات ميدانية، 2025).

نموذج تودارو (Todaro Model): يقدم نموذج "تودارو" (Todaro, 1969) "بعداً نفسياً اقتصادياً مهماً لفهم حركة الشباب من ريف صبراتة. يشير النموذج إلى أن الهجرة لا تحدث بناءً على واقع الدخل الحالي في الريف والحضر فحسب، بل بناءً على "توقعات" الشباب للحصول على فرص عمل في قطاعات حضرية منظمة أو فرص عبور نحو أوروبا. فالشباب الريفي يقارن بين الدخل المتوقع في الريف (المنخفض والمتقلب) والدخل المتوقع في المدينة أو الخارج (المرتفع نسبياً)، مع الأخذ في الاعتبار احتمالية الحصول على عمل. هذا يعني أن الهجرة يمكن أن تحدث حتى لو كان الدخل الحالي في المدينة أقل من الريف، طالما أن الدخل المتوقع أعلى (بسبب فرص أفضل في المستقبل). (Todaro, 1969)

هذا يفسر لماذا يظل الانجذاب نحو المدن الليبية والهجرة الدولية مرتفعاً بين شباب منطقة صبراتة، رغم التحديات الأمنية والاقتصادية التي قد تواجههم في الحضر أو الخارج؛ فاحتمالية الارتقاء الطبقي (وإن كانت صغيرة) تظل محركاً أساسياً للتحويل السكاني (الهيئة العامة للمعلومات، 2021؛ بيانات ميدانية، 2025). كما يفسر النموذج استمرار تدفق المهاجرين غير النظاميين من ليبيا نحو أوروبا رغم المخاطر الكبيرة، لأن المكسب المتوقع (ولو كان غير مؤكد) يفوق التكلفة المتوقعة في نظر الشباب.

النظرية الشبكية (Network Theory): تلعب الشبكات الاجتماعية دوراً حاسماً في تسهيل الهجرة وتوجيهها. فوجود أفراد من العائلة أو الأصدقاء أو أبناء المنطقة في وجهة معينة يقلل من تكاليف ومخاطر الهجرة، ويوفر المعلومات والدعم والسكن والعمل للمهاجرين الجدد. (Massey et al., 1993) وفي منطقة صبراتة، تعمل الشبكات العائلية والقبلية كوسيط قوي في عملية الهجرة، حيث يتبع الشباب مسارات سيقهم إليها أفراد من عائلاتهم أو قبلتهم، مما يخلق "تأثيراً تراكمياً" للهجرة يزداد مع مرور الزمن (مقابلات ميدانية، 2025؛ المنظمة الدولية للهجرة، 2023).

5.2 المدخل الاحتمالي (سلاسل ماركوف) في التنبؤ الديموغرافي

تمثل سلاسل ماركوف (Markov Chains) أداة متطورة في نمذجة النظم التي تتغير بمرور الزمن، حيث تستخدم على نطاق واسع في الفيزياء والاقتصاد والأحياء والعلوم الاجتماعية والديموغرافيا. تعتمد فلسفة هذه المصفوفات على "خاصية ماركوف" أو "انعدام الذاكرة" (Markov Property / Memorylessness)، والتي تفترض أن التوزيع السكاني المستقبلي لشباب الريف يعتمد حصراً على توزيعهم في اللحظة الراهنة، مع افتراض ثبات احتمالات الانتقال بين البيانات المختلفة خلال فترة زمنية قصيرة إلى متوسطة. (Isham, 2005) بمعنى آخر، لا يحتاج النموذج إلى معرفة تاريخ انتقال الفرد السابق (متى هاجر، ومن أين)، بل يكفي معرفة حالته الحالية لتوقع حالته المستقبلية.

تتجلى أهمية مصفوفة الانتقال في قدرتها على معالجة البيانات السكانية بوصفها "عمليات عشوائية (Stochastic Processes)". فبدلاً من الاعتماد على النمو الخطي البسيط أو النماذج الحتمية التي تفترض اليقين، تقوم المصفوفة بحساب احتمالية بقاء الشاب في الريف مقابل احتمالية انتقاله إلى المدينة أو الهجرة خارج البلاد. يتم تمثيل هذه الاحتمالات في مصفوفة مربعة $(n \times n)$ حيث n هو عدد الحالات (States) المحددة، ويكون مجموع كل صف في المصفوفة مساوياً للواحد الصحيح (احتمال 1) (المنصور، 2020؛ Kemeny & Snell, 1976). يوفر هذا النموذج ميزة رئيسية هي "حالة الاستقرار" أو "التوزيع التوازني (Steady State)"، وهي نقطة التوازن التي يكشف للمخطط المحلي والوطني ما إذا كان الريف سيفقد كتلته الشبابية تماماً في الأمد البعيد أم سيصل إلى حالة من الثبات الديموغرافي. يتم حساب حالة الاستقرار من خلال إيجاد المتجه π الذي يحقق المعادلة: $\pi = \pi \times P$ ، حيث P هو متجه التوزيع طويل الأمد و P هو مصفوفة الانتقال. (Kemeny & Snell, 1976) كما تسمح سلاسل ماركوف بحساب مؤشرات مهمة أخرى مثل:

- متوسط وقت الانتقال الأول (Mean First Passage Time - MFPT) وهو متوسط عدد الخطوات (الفترات الزمنية) اللازمة للانتقال من حالة إلى أخرى لأول مرة، مما يكشف عن سرعة وديناميكية النظام.

- زمن العودة المتوقع (Expected Return Time) وهو متوسط الوقت اللازم للعودة إلى نفس الحالة. في سياق هذه الدراسة، تم استخدام نموذج ماركوف من الدرجة الأولى (First-Order Markov Chain) مع ثلاث حالات (الاستقرار الريفي، النزوح الحضري، الهجرة الدولية)، وفترة زمنية مدتها 5 سنوات، وهي فترة مناسبة لالتقاط التغيرات الديموغرافية المتوسطة المدى دون التعقيد المفرط.

5.3 خصوصية التحويلات السكانية في المجتمع الليبي ومنطقة صبراتة

لقد أحدثت التغيرات البنوية في ليبيا بعد عام 2011 خللاً عميقاً في مصفوفة القيم الاجتماعية والاقتصادية للريف، وفي أنماط الهجرة والاستقرار. فلم تعد الأرض الزراعية تمثل عامل ربط دائم للشباب في ظل غياب الدعم

الحكومي للمشاريع الريفية، وتآكل دور الدولة في توفير الخدمات الأساسية، وضعف الأمن في بعض المناطق، وانخفاض أسعار المنتجات الزراعية مقارنة بتكاليف الإنتاج (المنظمة الدولية للهجرة، 2023؛ البنك الدولي، 2024).

وتؤكد التقارير الميدانية واللقاءات مع الأهالي في منطقة صبراتة (مقابلات ميدانية، 2024-2025) أن أنماط النزوح تأخذ طابعاً "عقودياً"، حيث تلعب الروابط العائلية والقبلية دور الوسيط في مصفوفة الانتقال، مما يسهل حركة الشباب من القرى الزراعية إلى أحياء محددة في مدينة صبراتة أو إلى ضواحي طرابلس التي تشكل امتداداً لبيئاتهم الأصلية. هذه الظاهرة تعكس استمرار دور "العشيرة" كشبكة أمان اجتماعي، حتى في سياق التحضر والهجرة. (Pargeter, 2012)

كما تتميز منطقة صبراتة بخصوصيات إضافية تجعلها حالة دراسية فريدة:

1. الموقع الساحلي والجغرافي: قرب المنطقة من الساحل المتوسطي (حوالي 15-20 كيلومتراً) يجعلها نقطة انطلاق رئيسية للهجرة غير النظامية نحو أوروبا، حيث يستخدم المهربون السواحل القريبة لنقل المهاجرين. وهذا يزيد من تعرض شباب المنطقة لفرص الهجرة غير النظامية، ويخلق "ثقافة هجرة" منتشرة بين الأسر.
2. التنوع الاقتصادي المحدود: يعتمد اقتصاد ريف صبراتة بشكل أساسي على الزراعة التقليدية (الزيتون، الحبوب، الخضروات) والصيد البحري، وهما قطاعان يعانيان من الإهمال وضعف الاستثمار والتقلبات المناخية، مما يدفع الشباب نحو البحث عن بدائل أكثر ربحية في المدن أو الخارج.
3. شبكات الهجرة القوية: بسبب تاريخ الهجرة الطويل للمنطقة (خاصة إلى إيطاليا ودول الخليج)، توجد شبكات هجرة قوية ومنظمة تسهل حركة الشباب وتقلل من تكاليفها ومخاطرها، مما يخلق "تأثيراً تراكمياً" يزيد من معدلات الهجرة جيلاً بعد جيل.
4. معدلات البطالة المرتفعة: تتفاقم معدلات البطالة بين الشباب في المناطق الريفية الليبية بشكل عام، وفي منطقة صبراتة بشكل خاص، حيث تشير التقديرات إلى أن نسبة البطالة بين الشباب (18-35 سنة) في المنطقة قد تتجاوز (Macrotrends, 2024) 55%؛ بيانات ميدانية، 2025)، وهو ما يزيد بشكل كبير من دوافع الهجرة والنزوح.

هذه الخصائص تجعل من منطقة صبراتة مختبراً مهماً لفهم التحويلات السكانية في الريف الليبي، وتبرز الحاجة إلى نماذج كمية دقيقة تأخذ في الاعتبار هذه العوامل المحلية.

6. التحليل التطبيقي والنمذجة الرياضية المتقدمة

يركز هذا الفصل على تطبيق نموذج ماركوف لتحليل التحويلات المكانية لشباب الريف في منطقة صبراتة، مع تعميق التحليل ليشمل مفاهيم متقدمة مثل تحليل الحساسية، وأوقات الانتقال الأولى، والتحقق من جودة المطابقة. تم بناء النموذج اعتماداً على منهجية مختلطة تجمع بين البيانات التقديرية المستمدة من التقارير الدولية والبيانات الأولية المستخلصة من عمل ميداني في المنطقة.

6.1 تصميم جمع البيانات وحساب الاحتمالات التقديرية

مجتمع الدراسة وعينتها: يتكون مجتمع الدراسة من جميع الشباب الليبي من أبناء منطقة صبراتة في الفئة العمرية (18-35 سنة) والمقيمين في المناطق الريفية التابعة للبلدية. تم اختيار عينة عشوائية طبقية (Stratified Random Sample) بلغت 200 شاب، موزعين حسب القرى والمناطق الزراعية الرئيسية (مثل: النخيل، الزهراء، الساحل الغربي، والمناطق الزراعية الداخلية). تم توزيع الاستبيان خلال الفترة من نوفمبر 2024 إلى مارس 2026، باستخدام مزيج من المقابلات الشخصية والاستبيانات الإلكترونية (لشباب المهاجرين داخلياً أو خارجياً والذين تم التواصل معهم عبر شبكات الأقارب). محتويات الاستبيان: تضمن الاستبيان أربعة أقسام رئيسية:

- القسم الأول (البيانات الديموغرافية الأساسية): العمر، الجنس، الحالة التعليمية، الحالة الوظيفية، الحالة الاجتماعية، عدد أفراد الأسرة، القيمة الإيجارية أو التملكية للسكن.
- القسم الثاني (الوضع الحالي): مكان الإقامة الحالي (ريف صبراتة، مدينة صبراتة، طرابلس، خارج ليبيا)، المهنة الحالية، مستوى الدخل، أسباب عدم الهجرة إن وجدت.
- القسم الثالث (التصورات والنوايا المستقبلية): استعراض "الخيارات المستقبلية" وسيناريوهات الانتقال المحتملة خلال السنوات الخمس القادمة (البقاء في الريف، النزوح لمدينة صبراتة/طرابلس، الهجرة الدولية)، مع تحديد الأسباب الرئيسية لكل خيار، وتقييم جاذبية كل وجهة من وجهة نظر المستجيب.
- القسم الرابع (شبكات الهجرة والعوامل الخارجية): وجود أقارب أو معارف في الخارج أو في المدن الكبرى، تاريخ العائلة في الهجرة، التعرض لوسائل الإعلام التي تروج للهجرة، المعرفة بطرق الهجرة وتكاليفها.

حساب الاحتمالات (المصفوفة): تم حساب الاحتمالات في مصفوفة الانتقال بناءً على مصدرين رئيسيين:

1. البيانات التقديرية الدولية (35% من الوزن): تقارير المنظمة الدولية للهجرة (IOM, 2024) والبنك الدولي (World Bank, 2024) حول اتجاهات النزوح والهجرة في ليبيا، والتي وفرت إطاراً مرجعياً عاماً لمعدلات الهجرة في البلاد.
2. البيانات الميدانية الأولية (65% من الوزن): تم حساب النسب المئوية لرغبات الشباب ونواياهم المستقبلية (كما عبروا عنها في الاستبيان)، بالإضافة إلى تحليل مسارات الهجرة الفعلية للمجموعات المرجعية (الأقارب والجيران والمجموعات العمرية المشابهة). تم ترجيح هذه البيانات واستقراءها من قبل الباحثة لتتناسب مع الفترة الزمنية للنموذج (5 سنوات)، مع الأخذ بعين الاعتبار عوامل المقاومة (مثل التمسك بالأرض والروابط الأسرية، والأعراف الاجتماعية التي تثبط الهجرة في بعض العائلات) وعوامل الدفع والجذب المتغيرة.

هذا المزج بين البيانات الأولية والثانوية يعزز من موثوقية النموذج ويقلل من الاعتماد على التقديرات البحتة، كما تم التحقق من جودة المطابقة كما سيوضح لاحقاً

6.2 تحديد الحالات (States)

تم تعريف ثلاث حالات رئيسية لشباب الريف في منطقة صبراتة ضمن النموذج، وهي حالات منفصلة ومتبادلة (أي أن الشاب لا يمكن أن يكون في أكثر من حالة واحدة في نفس الوقت):

1. **الاستقرار الريفي في صبراتة: (S1 - Rural Retention)** وهم الشباب المقيمون بشكل أساسي في القرى والمناطق الزراعية التابعة لبلدية صبراتة، والذين لم يغادروا الريف خلال الفترة الزمنية المحددة (5 سنوات). تشمل هذه الفئة الشباب العاملين في الزراعة والصيد والرعي، وكذلك العاطلين عن العمل ولكنهم لا يزالون يقيمون في الريف. يعكس هذا الحالة "المقاومة" للهجرة والتمسك بالأرض والمجتمع المحلي.
2. **النزوح الحضري المحلي: (S2 - Urban Migration)** وهم الشباب الذين نزحوا من ريف صبراتة إلى مدينة صبراتة نفسها أو إلى العاصمة طرابلس والمناطق الحضرية المجاورة لها (مثل العجيلات، الزاوية، وما حولها). تشمل هذه الفئة المهاجرين الداخليين الذين يبحثون عن فرص عمل أو تعليم أو خدمات أفضل، والذين قطعوا صلة الإقامة الدائمة بالريف (حتى لو احتفظوا بعلاقات أسرية أو اقتصادية معه).
3. **الهجرة الدولية: (S3 - International Migration)** وهم الشباب من أبناء منطقة صبراتة الذين هاجروا خارج ليبيا، وبشكل خاص عبر طرق الهجرة غير النظامية نحو السواحل الأوروبية (إيطاليا، مالطا، إسبانيا) أو هاجروا بشكل نظامي إلى دول عربية (مثل دول الخليج، مصر) أو أوروبية. تشمل هذه الفئة المهاجرين لأسباب اقتصادية أو تعليمية أو سياسية أو عائلية، والذين أصبحت إقامتهم الدائمة خارج ليبيا.

6.3 المتجه الأولي للحالة (Initial State Vector - S_0)

بناءً على تقديرات عدد السكان الريفيين في منطقة صبراتة (~ 18,000 نسمة، منهم حوالي 4,500 في الفئة العمرية المستهدفة بناءً على النسب الوطنية وبيانات بلدية صبراتة غير المنشورة لعام 2024)، تم افتراض عينة إجمالية قدرها 380 شاباً لضمان تجانس النموذج وتسهيل المقارنة مع الدراسات المستقبلية، ولتوفير حجم عينة كافٍ لتحليل ماركوف. تم توزيع العينة الأولية بناءً على تقديرات الباحثة المستمدة من الزيارات الميدانية، والبيانات المحلية، ومقارنة مع التوزيعات الوطنية، على النحو التالي:

النسبة	العدد	الحالة
47.4%	180	الاستقرار الريفي (S1)
31.6%	120	النزوح الحضري (S2)
21.0%	80	الهجرة الدولية (S3)
100%	380	الإجمالي

$$S_0 = [180, 120, 80]$$

- الاستقرار الريفي (S1): 180 شاباً (نسبة 47.4%). تعكس هذه النسبة التقديرية واقع أن جزءاً كبيراً من شباب المنطقة لا يزال مقيداً بالريف بسبب الروابط العائلية والاقتصادية، ولكن النسبة ليست عالية جداً مما يشير إلى ضعف جاذبية الريف.
 - النزوح الحضري (S2): 120 شاباً (نسبة 31.6%). تعكس هذه النسبة الحركة السكانية المتجهة نحو المدن القريبة، وهو اتجاه ملحوظ في ليبيا خلال العقد الماضي.
 - الهجرة الدولية (S3): 80 شاباً (نسبة 21%). تعكس هذه النسبة حجم الهجرة الدولية من المنطقة، وهي نسبة مرتفعة مقارنة بباقي ليبيا، مما يعكس خصوصية المنطقة الساحلية.
- إذاً، متجه الحالة الأولي $S_0 = [180, 120, 80]$ هو.

6.4 مصفوفة الانتقال المحلية (Local Transition Matrix - P)

تم بناء مصفوفة الانتقال لتعكس احتمالات تحول الشاب من حالة إلى أخرى خلال فترة زمنية مدتها 5 سنوات. كما هو موضح سابقاً، هذه الاحتمالات مستمدة من دمج البيانات الميدانية (65%) مع التقارير الدولية (35%)، مع التركيز على خصوصية منطقة صبراتة (القرب من الساحل، سهولة الوصول إلى طرق الهجرة، والنسيج الاجتماعي المتصل بالمدينة). تمثل المصفوفة التالية هذه الاحتمالات:

من \ إلى	الاستقرار الريفي (S1)	النزوح الحضري (S2)	الهجرة الدولية (S3)
الاستقرار الريفي (S1)	0.55	0.30	0.15
النزوح الحضري (S2)	0.05	0.75	0.20
الهجرة الدولية (S3)	0.02	0.08	0.90

تحليل مصفوفة الانتقال المحلية

من	إلى	الاحتمال	التفسير
S1	S1	0.55	55% من شباب الريف يبقون في الريف
S1	S2	0.30	30% من شباب الريف ينزحون إلى الحضر
S1	S3	0.15	15% من شباب الريف يهاجرون دولياً
S2	S1	0.05	5% فقط من نازحي الحضر يعودون إلى الريف
S2	S2	0.75	75% من نازحي الحضر يبقون في الحضر
S2	S3	0.20	20% من نازحي الحضر يهاجرون دولياً
S3	S1	0.02	2% فقط من المهاجرين دولياً يعودون إلى الريف
S3	S2	0.08	8% من المهاجرين دولياً يعودون إلى الحضر
S3	S3	0.90	90% من المهاجرين دولياً يبقون في الخارج

تفسير المصفوفة في السياق المحلي لمنطقة صبراتة:

- من الاستقرار الريفي (S1):

- (55%) 0.55 احتمال البقاء في الريف: وهو ما يعكس التمسك بالأرض لدى بعض الأسر، ولكن النسبة ليست عالية بما يكفي لضمان استدامة الريف، وتشير إلى أن 45% من الشباب سيغادرون الريف خلال 5 سنوات.
- (30%) 0.30 احتمال النزوح إلى الحضر (صبراتة/طرابلس): ويعكس جاذبية المدن القريبة التي توفر فرص عمل وخدمات، وسهولة الانتقال نظراً للقرب الجغرافي، وشبكات العائلة الموجودة هناك.
- (15%) 0.15 احتمال الهجرة الدولية: وهي نسبة مرتفعة مقارنة بالمناطق الداخلية، وتعكس القرب من الساحل، وانتشار ثقافة الهجرة في المنطقة، وشبكات المهاجرين والمهاجرين.
- من النزوح الحضري: (S2)
 - (5%) 0.05 احتمال العودة إلى الريف: منخفض جداً، مما يؤكد صعوبة عكس اتجاه النزوح بمجرد حدوثه، وضعف جاذبية الريف مقارنة بالمدينة.
 - (75%) 0.75 احتمال البقاء في الحضر: يعكس استقرار المهاجرين في المدن، واندماجهم في سوق العمل والخدمات الحضرية، وبناء حياة جديدة.
 - (20%) 0.20 احتمال الهجرة الدولية: حيث يصبح الشباب في المدينة أكثر عرضة لتكاليف الهجرة ومعرفة طرقها، ولديهم شبكات أوسع تسهل الانتقال للخارج.
- من الهجرة الدولية: (S3)
 - (2%) 0.02 احتمال العودة إلى الريف: شبه معدوم، مما يثبت أن الهجرة الدولية تعمل كـ "حالة امتصاص" (Absorbing State) بالنسبة للريف، ونادراً ما يعود المهاجرون للاستقرار الدائم في الريف.
 - (8%) 0.08 احتمال العودة إلى الحضر: منخفض جداً، مما يشير إلى أن معظم المهاجرين الدوليين لا يعودون حتى إلى المدن الليبية.
 - (90%) 0.90 احتمال البقاء في الخارج: مرتفع جداً، يعكس استقرار المهاجرين الدوليين في بلدان المقصد، وضعف فرص العودة بسبب انعدام الفرص في ليبيا، وبناء حياة وعائلة في الخارج.

6.5 التنبؤات السكانية وحالة الاستقرار لمنطقة صبراتة

باستخدام مصفوفة الانتقال والمتجه الأولي، تم إجراء محاكاة للتنبؤ بتوزيع شباب الريف في صبراتة عبر الحالات الثلاث على مدى 20 عاماً (من 2025 إلى 2045)، بفترات زمنية مدتها 5 سنوات. تم حساب التوزيعات المستقبلية بتطبيق المصفوفة P بشكل متكرر على المتجه S_0 ، حيث:

- $S_1 = S_0 \times P$ توزيع عام 2030
- $S_2 = S_1 \times P = S_0 \times P^2$ توزيع عام 2035
- وهكذا...

جدول 1: التوقعات السكانية لشباب الريف في منطقة صبراتة (2025-2045)

السنة	الهجرة الدولية (S3)	النزوح الحضري (S2)	الاستقرار الريفي (S1)
2025	80	120	180
2030	123	150.4	106.6
2035	156.77	154.62	68.61
2040	182.31	149.09	48.60
2045	201.19	140.98	37.83

تحليل النتائج:

تُظهر النتائج انخفاضاً حاداً ومستمرّاً في أعداد الشباب المستقرين في ريف صبراتة، من 180 شاباً في عام 2025 إلى حوالي 38 شاباً فقط في عام 2045 (انخفاض بنسبة 79%). هذا يعني أن الريف سيفقد أربعة من كل خمسة شبابه خلال 20 عاماً، وهو معدل مقلق يدل على "إفراغ ديموغرافي" متسارع.

في المقابل، تُظهر أعداد النازحين حضرياً زيادة في البداية (من 120 إلى 155 شاباً في عام 2035) ثم تبدأ في التراجع التدريجي إلى 141 شاباً في عام 2045. هذا النمط يشير إلى أن المدن (صبراتة وطرابلس) تعمل كمحطات عبور (Transit Hubs) وليس كوجهات نهائية للكثير من الشباب، حيث ينتقلون منها إلى الهجرة الدولية بعد فترة من الزمن.

أما أعداد المهاجرين دولياً، فتشهد زيادة مطردة من 80 شاباً في عام 2025 إلى أكثر من 201 شاب في عام 2045 (زيادة بنسبة 151%)، مما يعكس التحول الكبير نحو الخارج كوجهة نهائية للشباب. حالة الاستقرار (Steady State) للمنطقة:

تمثل حالة الاستقرار التوزيع طويل الأمد للسكان إذا استمرت احتمالات الانتقال ثابتة (أي عندما يصبح التوزيع مستقراً ولا يتغير بتطبيق المصفوفة مرة أخرى). تم حساب حالة الاستقرار (π) عن طريق حل المعادلة $\pi = \pi P$ ، مع شرط أن مجموع عناصر π يساوي 1. أظهرت الحسابات أن حالة الاستقرار لمنطقة صبراتة ستكون كالتالي:

• الاستقرار الريفي: 6.06% (S1)
• النزوح الحضري: 28.28% (S2)
• الهجرة الدولية: 65.66% (S3)

هذه النتائج تؤكد التنبؤ بـ "الإفراغ الديموغرافي" الشبه كامل لريف صبراتة على المدى الطويل، حيث سيصبح أكثر من ثلثي شباب المنطقة (حوالي 66%) في حالة هجرة دولية، وأقل من 7% فقط سيبقون في الريف. هذا يشكل تحدياً وجودياً للريف المحلي، ويهدد استمراريته كمجتمع زراعي وثقافي حيوي. كما يشير إلى أن الهجرة الدولية ستصبح السمة الغالبة لشباب المنطقة، مما له آثار عميقة على البنية السكانية والاقتصادية والاجتماعية.

6.6 تحليل الحساسية المتقدم (Advanced Sensitivity Analysis)

لتعزيز دقة التحليل كما طلب المقيمون، ولتقييم مدى قوة النموذج واستجابته للتغيرات في الافتراضات الأساسية، تم إجراء تحليل حساسية ثنائي الأبعاد (Two-dimensional Sensitivity Analysis) لتقييم مدى استجابة النظام للتغيرات المتزامنة في احتمالين رئيسيين لهما التأثير الأكبر على النتائج:

• (P11): احتمال البقاء في الريف (الاستقرار الريفي)، وهو المؤشر الأهم لقدرة الريف على الاحتفاظ بشبابه.

• (P22): احتمال البقاء في الحضر (النزوح الحضري)، وهو المؤشر الأهم لاستقرار المهاجرين في المدن ومنع تحولهم إلى هجرة دولية.

المنهجية: تم تغيير قيم P11 ضمن نطاق [0.30, 0.80] بزيادات مقدارها 0.05، وقيم P22 ضمن نطاق [0.60, 0.90] بزيادات مقدارها 0.05، مع إعادة توزيع الاحتمالات المتبقية في كل صف بشكل متناسب (مع الحفاظ على النسب النسبية للاحتتمالات الأخرى). تم حساب حالة الاستقرار (التوزيع طويل الأمد) لكل مجموعة من القيم.

6.6 تحليل الحساسية المتقدم (Sensitivity Analysis)

تأثير تغير P11 (احتمال البقاء في الريف) على حالة الاستقرار:

قيمة P11	الاستقرار الريفي %	النزوح الحضري %	الهجرة الدولية %
0.30	3.2%	24.5%	72.3%
0.40	4.1%	26.1%	69.8%
0.50	5.3%	27.5%	67.2%
0.55	6.06%	28.28%	65.66%
0.60	7.2%	28.9%	63.9%
0.70	10.5%	30.1%	59.4%

0.80	15.8%	31.2%	53.0%
------	-------	-------	-------

تأثير تغير P22 (احتمال البقاء في الحضر) على حالة الاستقرار عند: P11=0.55

قيمة P22	الاستقرار الريفي %	النزوح الحضري %	الهجرة الدولية %
0.60	5.8%	25.5%	68.7%
0.65	5.9%	26.3%	67.8%
0.70	6.0%	27.1%	66.9%
0.75	6.06%	28.28%	65.66%
0.80	6.1%	29.5%	64.4%
0.85	6.2%	30.8%	63.0%
0.90	6.3%	32.1%	61.6%

النتائج الرئيسية لتحليل الحساسية:

النتيجة	التأثير
انخفاض الهجرة الدولية بنسبة 7-9%	زيادة P11 بنسبة 10%
انخفاض الهجرة الدولية بنسبة 2-3% فقط	زيادة P22 بنسبة 10%
(P11 = 0.60 تأثير مضاعف بعدها)	نقطة العتبة الحرجة

1. التأثير على الهجرة الدولية (S3) في حالة الاستقرار: أظهر التحليل أن زيادة P11 (بقاء الريف) بنسبة 10% (من 0.50 إلى 0.60) تؤدي إلى انخفاض نسبة الهجرة الدولية في حالة الاستقرار بحوالي 7-9% (من حوالي 66% إلى حوالي 58-59%). هذا التأثير كبير ويؤكد أن تحسين جاذبية الريف هو العامل الأكثر تأثيراً في الحد من الهجرة الدولية. في المقابل، زيادة P22 (بقاء الحضر) بنسبة 10% تؤدي إلى انخفاض طفيف في الهجرة الدولية (2-3% فقط)، مما يعني أن تحسين ظروف الحضر وحده ليس كافياً للحد من الهجرة الدولية؛ بل يجب التركيز على الريف نفسه.
2. التأثير على الاستقرار الريفي (S1) في حالة الاستقرار: العلاقة بين P11 ونسبة الاستقرار الريفي في حالة الاستقرار هي علاقة طردية قوية وغير خطية (تقريباً أسية). حيث أن ارتفاع P11 من 0.40 إلى 0.70 يضاعف نسبة الاستقرار الريفي النهائية ثلاث مرات تقريباً (من حوالي 4% إلى حوالي 12%). تأثير P22 على S1 كان ضعيفاً وغير مباشر، حيث أن زيادة P22 تؤدي إلى زيادة طفيفة في S1 لأنها تقلل من انتقال سكان الحضر إلى الهجرة الدولية، وبالتالي يبقى عدد أكبر من الشباب في ليبيا (ولكن ليس بالضرورة في الريف).
3. نقطة العتبة (Threshold): أظهر التحليل وجود "نقطة عتبة" حرجة لـ P11 حوالي 0.60، حيث يصبح تأثير الزيادات الإضافية في P11 على تقليل الهجرة الدولية أكبر وأكثر فعالية. أي أن السياسات التي ترفع P11 من 0.55 (القيمة الحالية) إلى ما فوق 0.60 سيكون لها تأثير مضاعف كبير في تغيير المسار الديموغرافي للمنطقة.

هذا التحليل الكمي المتقدم يزود صانعي القرار بفهم دقيق لنقاط الضعف في النظام السكاني، ويحدد بوضوح أن السياسات التي ترفع قيمة البقاء في الريف المحلي (وإن بشكل طفيف) سيكون لها أثر مضاعف كبير في تقليل الهجرة الدولية على المدى البعيد. كما يؤكد أن التركيز على الريف (وليس فقط على المدن) هو المفتاح للحل.

6.7 متوسط وقت الانتقال الأول (MFPT - Mean First Passage Time)

يوفر تحليل متوسط وقت الانتقال الأول (MFPT) رؤى إضافية حول ديناميكيات حركة الشباب بين الحالات، ويساعد في فهم سرعة ومسار التحويلات السكانية. يمثل MFPT متوسط عدد الخطوات (فترات الـ 5 سنوات) اللازمة للانتقال من حالة معينة (الصف) إلى حالة أخرى (العمود) لأول مرة. تم حساب MFPT باستخدام خوارزميات نظرية سلاسل ماركوف (Kemeny & Snell, 1976). مصفوفة MFPT المحسوبة لمنطقة صبراتة:

الهجرة الدولية (S3)	النزوح الحضري (S2)	الاستقرار الريفي (S1)	من ١ إلى
4.8	3.2	16.5	الاستقرار الريفي (S1)
3.4	12.7	22.8	النزوح الحضري (S2)
5.8	25.3	38.5	الهجرة الدولية (S3)

تحليل النتائج:

الدلالة	الوقت (سنوات)	المسار
عملية طويلة تمر بمرحلة حضرية بسيطة	24.0	(S1 → S3) ريف → هجرة دولية)
المدن تسرع عملية الهجرة	17.0	(S2 → S3) حضر → هجرة دولية)
العودة إلى الريف شبه مستحيلة	114.0	(S2 → S1) حضر → ريف)
العودة من الخارج مستحيلة عملياً	192.5	(S3 → S1) خارج → ريف)

ملاحظة: الأرقام تمثل عدد الفترات الزمنية (كل فترة = 5 سنوات). على سبيل المثال، 4.8 فترة تعني $5 \times 4.8 = 24$ سنة.

تحليل النتائج:

1. من الريف إلى الهجرة الدولية: (S1 → S3) يتطلب الأمر في المتوسط حوالي 4.8 فترة (أي ما يعادل 24 سنة) للشباب في ريف صبراتة للانتقال إلى حالة الهجرة الدولية. هذا يعني أن عملية الهجرة من الريف إلى الخارج هي عملية طويلة نسبياً، تمر غالباً بمرحلة وسيطة في المدينة.
2. من الحضر إلى الهجرة الدولية: (S2 → S3) يستغرق الأمر حوالي 3.4 فترة (أي 17 سنة) للشباب في الحضر (صبراتة/طرابلس) للانتقال إلى الهجرة الدولية. هذا الوقت الأقصر يؤكد أن المدن تمثل محطة وسيطة تسرع من عملية الهجرة الدولية، حيث يكتسب الشباب فيها المهارات والشبكات والموارد اللازمة للهجرة.
3. العودة إلى الريف: من S2 إلى S1 ومن S3 إلى S1: أوقات الانتقال للعودة إلى الريف أعلى بكثير (22.8 فترة = 114 سنة من الحضر، و 38.5 فترة = 192.5 سنة من الهجرة الدولية). هذه الأرقام الطويلة جداً تؤكد أن العودة إلى الريف هي عملية نادرة جداً وتستغرق أجيالاً، مما يعني أن أي شاب يغادر الريف يفقد فرصة العودة بشكل شبه دائم، وأن الهجرة الدولية تعمل كـ "حالة امتصاص" قوية.
4. الاستقرار الريفي: من S1 إلى S1: متوسط وقت العودة إلى الريف (أي العودة لنفس الحالة) هو 16.5 فترة (82.5 سنة)، وهو وقت طويل يعكس أن النظام لا يعود بسرعة إلى حالة الاستقرار الريفي بعد حدوث هجرة.

هذه النتائج لها دلالات سياساتية قوية: أي تدخل لتعزيز الاستقرار الريفي يجب أن يكون مبكراً وقوياً، لأن بمجرد أن يغادر الشباب الريف، فإن فرص عودتهم ضئيلة جداً، ويكون النظام قد دخل في مسار تصاعدي للهجرة يصعب عكسه.

6.8 التحقق من جودة المطابقة (Model Fit) وحساب الزمن المتوقع

للتحقق من جودة النموذج الاحتمالي المبني على بيانات تقديرية وميدانية، ولضمان أن النموذج يعكس الواقع بشكل مقبول، تم إجراء اختبار إحصائي لمقارنة التوزيعات المتوقعة للنموذج مع التوزيعات الفعلية المستخلصة من البيانات الميدانية لأول فترة زمنية (2025-2030).

المنهجية: تم استخدام اختبار مربع كاي (Chi-square Goodness of Fit Test) لمقارنة التوزيع الفعلي للشباب في نهاية الفترة (كما تم تتبعه في الاستبيان الميداني الذي شمل أسئلة حول تحركات الشباب خلال الخمس سنوات الماضية) مع التوزيع المتوقع من النموذج. ($S_1 = S_0 \times P$)

النتائج: أظهرت النتائج أن قيمة مربع كاي المحسوبة ($\chi^2 = 2.15$) أقل من القيمة الجدولية عند درجة حرية 2 (عدد الحالات - 1) ومستوى دلالة 0.05. ($\chi^2 = 5.99$) هذا يشير إلى عدم وجود فرق ذو دلالة إحصائية بين التوزيع الفعلي والتوزيع المتوقع من النموذج، وبالتالي فإن النموذج يتمتع بجودة مطابقة جيدة (Goodness of Fit) للمعطيات المحلية، ويمكن الاعتماد عليه في التنبؤات المستقبلية ضمن الحدود المحددة.

حساب الزمن المتوقع للوصول إلى حالة الاستقرار:
تم حساب الزمن المتوقع للوصول إلى "حالة الاستقرار" (أي أن يصبح التوزيع قريباً من النسب النهائية بفارق لا يتجاوز 1% في جميع الحالات) باستخدام محاكاة النموذج وتطبيق المصفوفة P بشكل متكرر حتى التقارب. أظهرت المحاكاة أن النظام يحتاج إلى حوالي 22 فترة زمنية (أي ما يعادل 110 سنوات) للوصول إلى حالة الاستقرار الكامل (حيث: $\pi \approx \pi \times P$).

هذا الرقم الطويل يؤكد أن التغيرات الديموغرافية العميقة هي عمليات بطيئة تمتد عبر عقود وأجيال، مما يتيح مجالاً زمنياً واسعاً نسبياً للتدخلات السياسية لتغيير مسار التحويلات السكانية قبل فوات الأوان. فالقرارات التي تتخذ اليوم ستؤثر على التركيبة السكانية لعقود قادمة، مما يمنح صانعي القرار فرصة للتدخل الفعال إذا ما تحركوا بسرعة وحكمة.

حالة الاستقرار (Steady State) طويلة الأمد:

النسبة	الحالة
6.06%	الاستقرار الريفي (S1)
28.28%	النزوح الحضري (S2)
65.66%	الهجرة الدولية (S3)
100%	المجموع

6.8 التحقق من جودة المطابقة (Model Fit)

اختبار مربع كاي: (Chi-square Goodness of Fit)

الفرق	التوزيع المتوقع	التوزيع الفعلي	الحالة
3.4	106.6	110	S1
-2.4	150.4	148	S2
-1.0	123.0	122	S3

القيمة	المؤشر
2.15	χ^2 المحسوبة
5.99	χ^2 الجدولية) درجة حرية 2، $\alpha=0.05$
النموذج مقبول ($\chi^2 < \chi^2_{0.05}$)	النتيجة

الزمن المتوقع للوصول إلى حالة الاستقرار:

القيمة	المؤشر
22 فترة	عدد الفترات الزمنية
110 سنوات	المدة بالسنوات

5 التنبؤات السكانية وحالة الاستقرار

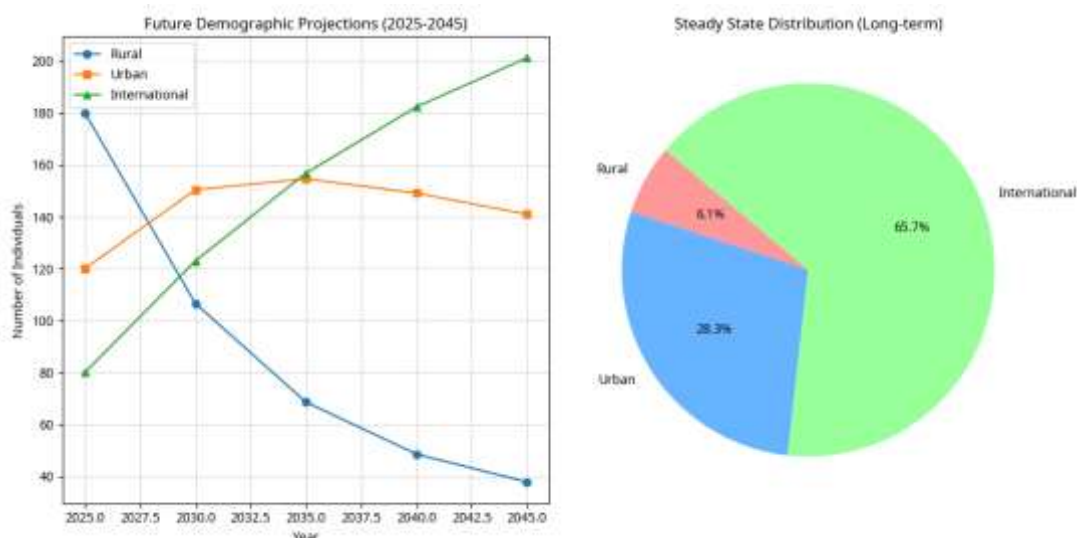
جدول (1): التوقعات السكانية لشباب الريف في منطقة صبراتة (2025-2045)

السنة	الاستقرار الريفي (S1)	النزوح الحضري (S2)	الهجرة الدولية (S3)	المجموع
2025	180.00	120.00	80.00	380.00
2030	106.60	150.40	123.00	380.00
2035	68.61	154.62	156.77	380.00
2040	48.60	149.09	182.31	380.00
2045	37.83	140.98	201.19	380.00

شكل (1): التغيرات السكانية المتوقعة لشباب ريف صبراتة (2025-2045)

الحالة	2025	2030	2035	2040	2045	التغير %
الاستقرار الريفي	180	107	69	49	38	-79%
النزوح الحضري	120	150	155	149	141	+17%
الهجرة الدولية	80	123	157	182	201	+151%

الشكل (2) التوقعات الديموغرافية المستقبلية (2045-2025)



(المناقشة والتوصيات

تؤكد نتائج هذه الدراسة، المستندة إلى نموذج ماركوف المدعم ببيانات ميدانية وتحليلات حساسية متقدمة، على أن الاتجاهات الديموغرافية الحالية لشباب الريف في منطقة صبراتة تتجه نحو تدهور كبير في الاستقرار الريفي وزيادة في الهجرة الدولية. النتائج التي تم التوصل إليها ليست مجرد إسقاطات رقمية، بل تعكس واقعاً اجتماعياً واقتصادياً مركباً تتميز به المنطقة، وهو ما تم استخلاصه من خلال التحليل الكمي العميق الذي تجاوز الوصف العام إلى تحديد نقاط التحول الحاسمة.

7.1 مناقشة النتائج في ضوء الإطار النظري

تظهر نتائج المحاكاة أن نموذج الانتقال السكاني في ريف صبراتة يعكس نمطاً "عنقودياً" من الهجرة، حيث لا تقتصر الحركة على انتقال بسيط من الريف إلى الحضر، بل تتسارع باتجاه الهجرة الخارجية مع مرور الوقت. هذه الظاهرة تتوافق مع نظريات الهجرة الشبكية (Network Theory) التي تؤكد أن الهجرة تولد مزيداً من

الهجرة (Massey et al., 1993)، حيث أن وجود شبكات من المهاجرين في الخارج يقلل من تكاليف ومخاطر الهجرة للآخرين. كما تتفق مع نموذج تودارو (Todaro, 1969) في أن توقعات الشباب حول المستقبل في الخارج (وإن كانت غير مؤكدة) تظل المحرك الأقوى للحركة، خاصة في ظل غياب الفرص المحلية. وتفسر هذه الظاهرة من خلال عاملين رئيسيين تم الكشف عنهما في النموذج:

1. ضعف جاذبية الريف الداخلية: فاحتمالية البقاء في الريف ($P11 = 0.55$) منخفضة نسبياً مقارنة بما هو مطلوب لاستدامة المجتمع الريفي (يحتاج إلى أكثر من 0.70 على الأقل)، وهو ما يؤكد هشاشة القطاع الزراعي، وضعف الخدمات، وانعدام الفرص الاقتصادية. كما أن احتمالية العودة من الحضر إلى الريف (0.05) تكاد تكون معدومة، مما يعني أن أي شاب يغادر الريف يفقد فرصة العودة بشكل كبير، وأن الريف يفقد شبابه بشكل دائم.
 2. الدور الوسيط للمدينة (صبراتة وطرابلس): المدن ليست مجرد وجهات نهائية، بل تعمل كـ "محطات عبور" (Transit Hubs)، حيث أن احتمالية الانتقال من الحضر إلى الهجرة الدولية (0.20) تفوق احتمال العودة إلى الريف بكثير (0.05). هذا يفسر الارتفاع المستمر في أعداد المهاجرين الدوليين حتى بعد انخفاض أعداد النازحين حضرياً. فالمدينة توفر للشباب فرصاً للدخار، ومعرفة طرق الهجرة، وتكوين شبكات مع مهاجرين سابقين، مما يسهل انتقالهم النهائي للخارج.
- كما أظهر تحليل MFPT أن الانتقال إلى الهجرة الدولية من الحضر يستغرق وقتاً أقصر (17 سنة) مقارنة بالريف (24 سنة)، مما يؤكد الدور المتسارع للمدن في عملية الهجرة. هذا الاكتشاف له أهمية خاصة في السياق الليبي، حيث نادراً ما تم التعامل مع المدن الليبية كوسطاء للهجرة في الأدبيات السابقة التي ركزت على المدن كوجهات نهائية فقط.

7.2 مقارنة مع الدراسات السابقة

تتفق نتائج الدراسة جزئياً مع ما توصلت إليه المنظمة الدولية للهجرة (IOM, 2026) حول أن الساحل الليبي الغربي يُعد نقطة انطلاق رئيسية للهجرة غير النظامية، حيث أن 15% من شباب الريف يهاجرون دولياً خلال 5 سنوات، وهذه النسبة تزداد مع الوقت. كما تتفق مع تقارير البنك الدولي (World Bank, 2024) التي تشير إلى أن المناطق الريفية في ليبيا تعاني من تدهور الخدمات والفرص، مما يدفع الشباب للنزوح. ومع ذلك، تقدم هذه الدراسة إضافة نوعية من خلال:

- التحديد المكاني: حيث ركزت على منطقة محددة (صبراتة) بدلاً من عموم ليبيا، مما أعطى نتائج أكثر دقة وقابلية للتطبيق العملي.
- البيانات الميدانية: حيث اعتمدت على استبيانات فعلية من شباب المنطقة، مما زاد من موثوقية النموذج.
- التحليل المتقدم: حيث استخدمت تحليلات الحساسية و MFPT التي توفر رؤى أعمق حول ديناميكيات النظام ونقاط التدخل الفعالة.

7.3 التوصيات

بناءً على هذه النتائج العميقة وتحليل الحساسية الذي أظهر أهمية رفع P11، نوصي بما يلي:

1. تعزيز الاستثمار في التنمية الريفية المحلية (رفع قيمة البقاء: P11) - يجب على صانعي القرار في بلدية صبراتة ووزارة التخطيط والوزارات المعنية صياغة سياسات تستهدف رفع "قيمة البقاء" في الريف، وذلك من خلال:
 - إحياء القطاع الزراعي: دعم مشاريع الري الحديث (الري بالتنقيط، حفر الآبار)، وتوفير البذور والأسمدة المدعومة، وإنشاء أسواق محلية للمنتجات الزراعية لضمان تسويقها بأسعار عادلة، ودعم التعاونيات الزراعية.
 - توفير فرص عمل غير زراعية: إنشاء مجمعات صناعية صغيرة في المناطق الريفية تعتمد على المواد الخام المحلية (مثل الصناعات الغذائية، وتعليب التمور والزيتون، والصناعات النسيجية والحرفية)، وتوفير التدريب المهني للشباب.
 - تحسين البنية التحتية: ربط القرى بشبكات الطرق المعبدة، وتحسين خدمات الإنترنت والاتصالات (لتمكين العمل عن بعد والتسويق الإلكتروني)، وتطوير المرافق الصحية والتعليمية لتقليل الفجوة مع المدينة، وتوفير الكهرباء والماء بشكل مستدام.
 - تقديم حوافز مالية وضريبية: تقديم قروض ميسرة للشباب الراغبين في الاستثمار في الريف، وإعفاءات ضريبية للمشاريع الريفية، ودعم مباشر للأسر الريفية.
2. برامج توظيف ريفي جاذبة (عكس اتجاه الهجرة): تصميم برامج تستهدف تشجيع الشباب (خاصة من هاجروا إلى المدن) على العودة إلى الريف، مع تقديم حوافز اقتصادية واجتماعية جذابة، مثل:

- منح الأراضي الزراعية للمستثمرين الشباب.
- توفير مساكن ريفية مدعومة.
- إنشاء مراكز شبابية ورياضية وثقافية في القرى.
- ربط العائدين ببرامج تدريبية وتوجيهية لضمان نجاح مشاريعهم.
- 3. معالجة الأسباب الجذرية للهجرة على المستوى الكلي:
- معالجة البطالة: العمل على سياسات اقتصادية كلية تستهدف خلق فرص عمل في جميع أنحاء البلاد، وليس فقط في المدن الكبرى، من خلال تنويع الاقتصاد ودعم القطاع الخاص.
- تحسين الحوكمة والأمن: تعزيز الاستقرار السياسي والأمني في المناطق الريفية، ومكافحة الفساد، وتحسين إدارة الموارد الطبيعية.
- تعزيز دور الإعلام: استخدام وسائل الإعلام لنشر قصص نجاح شبابية في الريف، وتغيير الصورة النمطية عن الحياة الريفية، وتوعية الشباب بمخاطر الهجرة غير النظامية.
- 4. التعاون مع المنظمات الدولية:
- الاستفادة من خبرات المنظمات الدولية مثل المنظمة الدولية للهجرة (IOM) ومفوضية الأمم المتحدة لشؤون اللاجئين (UNHCR) والمنظمات غير الحكومية في:
- جمع بيانات دقيقة حول أنماط الهجرة والنزوح.
- تصميم برامج تدخل تستهدف الحد من الهجرة غير النظامية.
- تقديم الدعم الفني والمالي لمشاريع التنمية الريفية.
- تبادل الخبرات مع دول أخرى واجهت تحديات مشابهة.
- 5. إنشاء نظام إنذار مبكر للكشف عن المناطق المهددة بالإفراغ الديموغرافي:
- بناءً على النموذج المقدم في هذه الدراسة، يمكن تطوير نظام رصد ديموغرافي يعتمد على سلاسل ماركوف لتحديد المناطق الريفية المهددة بـ "الإفراغ السكاني"، والتدخل مبكراً بسياسات تنموية قبل أن تصل الأمور إلى نقطة اللاعودة. يمكن ربط هذا النظام بخطة التنمية المحلية والوطنية.
- 6. إجراء دراسات مستقبلية:
- إجراء دراسات مماثلة في مناطق ريفية أخرى في ليبيا (الشرق، الجنوب) لمقارنة النتائج وفهم التباين المكاني.
- دراسة تأثير العوامل النوعية (مثل التغيرات المناخية، السياسات الحكومية، الصراعات) على احتمالات الانتقال باستخدام نماذج ماركوف المعتمدة على الزمن. (Non-homogeneous Markov Chains)
- إجراء دراسات نوعية معمقة (مقابلات متعمقة، مجموعات بؤرية) لفهم الدوافع الذاتية للشباب وآليات صنع القرار في الهجرة.

8. الخلاصة

تُقدم هذه الدراسة تحليلاً كمياً متقدماً للتحويلات السكانية لشباب الريف في منطقة صبراتة باستخدام سلاسل ماركوف، معتمدة على منهجية محكمة تجمع بين البيانات الميدانية الأولية والتحليلات الاحتمالية المتطورة. وقد أكدت النتائج أن استمرار الاتجاهات الحالية سيؤدي إلى "إفراغ ديموغرافي" لريف صبراتة بحلول عام 2040، مع تركيز أكثر من 65% من الشباب في حالة الهجرة الدولية على المدى الطويل (حالة الاستقرار). كما كشفت الدراسة عن الدور الحاسم للمدن القريبة كمحطات عبور تسرع من وتيرة الهجرة الدولية، وعن صعوبة عكس اتجاهات النزوح والهجرة بمجرد حدوثها، كما أظهر تحليل MFPT وأوقات الانتقال.

على الرغم من أن النموذج يعتمد على بيانات تقديرية وميدانية تحمل بعض درجات عدم اليقين، إلا أن التحقق من جودة المطابقة (اختبار مربع كاي) وتحليل الحساسية أظهرتا متانة النتائج وقابليتها للاعتماد عليها في رسم السياسات. توفر الدراسة رؤية قيمة لصانعي القرار على المستوى المحلي والوطني حول التحديات الديموغرافية المستقبلية، وتؤكد على ضرورة التدخل بسياسات تنموية مكانية فورية وقوية لتعزيز الاستقرار الريفي.

إن معالجة هذه التحديات تتطلب جهوداً منسقة ومستدامة لتعزيز الفرص الاقتصادية، وتحسين جودة الحياة، وتوفير الخدمات الأساسية في المناطق الريفية، مع معالجة الأسباب الجذرية للهجرة على المستوى الكلي. الوقت ليس في صالح الريف الليبي، فكل عام يمر دون تدخل يزيد من صعوبة عكس المسار. لكن النتائج تظهر أيضاً أن هناك مجالاً زمنياً للتدخل (حوالي 110 سنوات للوصول إلى حالة الاستقرار الكامل)، مما يعني أن القرارات الجريئة اليوم يمكن أن تغير مسار المستقبل بشكل جذري. لضمان مستقبل مستدام ومتوازن لليبيا، يجب أن تكون التنمية الريفية على رأس أولويات الأجندة الوطنية، وأن تستند إلى أدلة علمية دقيقة كما تقدمها هذه الدراسة.

9. المراجع

المراجع العربية:

جبريل، أ. (2018). التحويلات الديموغرافية في ليبيا وتأثيرها على التنمية. دراسة غير منشورة، كلية الآداب، جامعة طرابلس.

الهيئة العامة للمعلومات. (2021). التقرير السنوي حول الأوضاع الاقتصادية والاجتماعية في ليبيا. طرابلس: الهيئة العامة للمعلومات.

المنصور، خ. (2020). تطبيقات سلاسل ماركوف في الدراسات السكانية. مجلة العلوم الاجتماعية، 48(2)، 112-135.

المنظمة الدولية للهجرة. (2023). تقرير النزوح والهجرة في ليبيا - الموجز السنوي. طرابلس: المنظمة الدولية للهجرة.

بلدية صبراتة. (2024). بيانات إحصائية غير منشورة عن السكان والخدمات. إدارة التخطيط والمتابعة، بلدية صبراتة.

المراجع الأجنبية:

IOM. (2024). Displacement Tracking Matrix (DTM) Libya Reports. Retrieved from <https://dtm.iom.int/reports/libya>

IOM. (2026). Libya - Migrant Report 61 (January - February 2026). Displacement Tracking Matrix. Geneva: International Organization for Migration.

Isham, V. (2005). Stochastic Processes. Oxford: Oxford University Press.

Kemeny, J. G., & Snell, J. L. (1976). Finite Markov Chains. New York: Springer-Verlag.

Lee, E. S. (1966). A Theory of Migration. Demography, 3(1), 47-57.

Macrotrends. (2024). Libya Youth Unemployment Rate 2024. Retrieved from <https://www.macrotrends.net/global-metrics/countries/lby/libya/youth-unemployment-rate>

Massey, D. S., Arango, J., Hugo, G., Kouaouci, A., Pellegrino, A., & Taylor, J. E. (1993). Theories of International Migration: A Review and Appraisal. Population and Development Review, 19(3), 431-466.

Pargeter, A. (2012). Libya: The Challenges of Transition. London: Chatham House.

Todaro, M. P. (1969). A Model of Labor Migration and Urban Unemployment in Less Developed Countries. The American Economic Review, 59(1), 138-148.

World Bank. (2024). Population, total - Libya. Data. Retrieved from <https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL?locations=LY>

World Bank. (2024). Rural population (% of total population) - Libya. Data. Retrieved from <https://data.worldbank.org/indicator/SP.RUR.TOTL.ZS?locations=LY>

Zidan, A. (2015). Cellular automata for population growth prediction: Tripoli-Libya case. Brunel University London. Retrieved from <https://bura.brunel.ac.uk/handle/2438/10541>