

مقارنة بعض مقدرات المعايرة لتقدير متوسط انتاج الحنطة في المحافظات العراقية بالاعتماد على المساحة المزروعة

محمد عادل كاظم*, سجي محمد حسين

قسم الإحصاء، كلية الإدارة والاقتصاد، جامعة بغداد، بغداد، العراق

*Corresponding Author: Mohammed.Adel2201@coadec.uobaghdad.edu.iq

الكلمات المفتاحية	الملخص
مقدرات المعايرة، المعاينة العشوائية التطبيقية، المعلومات المساعدة، دوال المسافة.	في هذه البحث، تم تقديم مجموعة من مقدرات المعايرة التي تهدف إلى حساب متوسط المجتمع في حالة استعمال المعاينة العشوائية التطبيقية من خلال متغير مساعد واحد. كما تم تقديم مثال رقمي لتوضيح البية التطبيق والتفاصيل الحسابية لهذه المقدرات. بالإضافة إلى مقارنتها مع المقدر التقليدي. أظهرت النتائج ان استعمال تقنية المعايرة في تقدير متوسط المجتمع الإحصائي أدى إلى زيادة دقة التقدير وتقليل التباين بالمقارنة مع المقدر التقليدي، أكدت المقارنة بين المقدرات الأربعة ان طريقة (Koyuncu & Kadilar) قد حصلت على أقل قيمة لتباين التقدير، وبالتالي كانت الأكثر كفاءة بين جميع المقدرات المدروسة. كما أظهرت الطريقتان (Singh و Alam) أداء متقارب في دقة النتائج، حيث قدما تحسناً واضحاً على المقدر التقليدي مع الحفاظ على استقرار الأوزان المعدلة بالقرب من الأوزان الأصلية. وتؤكد هذه النتائج أهمية استعمال تقنية المعايرة مما يعزز عمليات التخطيط وصنع القرار المعتمدة على البيانات الإحصائية.
Keywords Calibration estimators, stratified random sampling, auxiliary information, distance functions	Abstract In this study, a set of calibration estimators was presented for estimating the population mean under stratified random sampling using a single auxiliary variable. A numerical example was provided to illustrate the application procedure and computational details of these estimators. Furthermore, their performance was compared with that of the traditional estimator. The results showed that applying the calibration technique in estimating the population mean improved estimation accuracy and reduced variance compared to the traditional estimator. Among the four estimators considered, the Koyuncu & Kadilar method achieved the lowest estimation variance and thus proved to be the most efficient. The Alam and Singh methods exhibited similar performance, showing a clear improvement over the traditional estimator while maintaining the adjusted weights close to the original ones. These findings emphasize the importance of using the calibration technique, as it enhances the precision of statistical estimation and supports more reliable data-based planning and decision-making.

1. المقدمة (Introduction)

في ادبيات أساليب المعاينة، ومن المعروف جيداً ان الاستعمال المناسب للمعلومات المساعدة بوجود متغير واحد أو أكثر خلال مرحلة التقدير يعتبر تقنية مفيدة للحصول على تقديرات أكثر دقة وموثوقية. يمكن أن تساهم المعلومات المساعدة الفعالة في تقليل التحيز وأخطاء العينة. في السنوات الأخيرة، ظهرت دراسة جديدة تعرف بنهج المعايرة (Calibration approach) والتي تهدف إلى استعمال المعلومات المساعدة للحصول على تقديرات جديدة لمجموع أو متوسط المجتمع الإحصائي. هناك العديد من الأبحاث التي قامت بتقدير القيمة الكلية أو المتوسط للمجتمع بطرق عديدة، ومنها تقنية المعايرة.

عام (2017) قام الباحثون (D. K. Rao M. G. M. Khan G. K. Singh) [1] بتقديم دراسة حول الأوزان المعايرة في المعاينة العشوائية التطبيقية، حيث تم اقتراح مقدر معايرة لمتوسط المجتمع الإحصائي في العينة التطبيقية باستخدام المعلومات المعروفة حول المتوسط والتباين لعدة متغيرات مساعدة. تم تقديم مثال عددي مع بيانات حقيقية لتوضيح التفصيلات الحسابية للتقدير المقترح. أجريت دراسة مقارنة باستخدام بيانات حقيقية ومحاكاة لتقييم أداء التقدير المقترح. أظهرت النتائج أن التقدير الذي تم اقتراحه يمتاز بالكفاءة الأعلى عند تقدير متوسط المجتمع في العينة التطبيقية مقارنة بالتقديرات الأخرى، حيث أنه يوفر أقل تباين.

عام (2020) قام الباحث (olayiwola.et.al) [2] بتقديم دراسة تتعلق بأسلوب معدل لمعايرة مقدر النسبة في الإحصاءات التطبيقية، مع التركيز على تعزيز دقة التقديرات وتقليل التكاليف المتعلقة بالتحليل الإحصائي. تم استخدام معلومات حول إنتاج الخضروات والتبغ (بالأطنان) من بيانات منظمة الأغذية والزراعة (FAO). أظهرت النتائج أن المقدر المقترح يتمتع بكفاءة أكبر مقارنة بالمقدرات التقليدية المستخدمة في المعاينة العشوائية التطبيقية. من خلال التحليل العددي، اتضح أن هذا المقدر الجديد يقترب من القيم الفعلية لمتوسط المجتمع الإحصائي.

عام (2021) قدم الباحث (Inyang.et.al) [3] دراسة تتعلق بطريقة المعايرة لتقدير المتوسط المجتمع الإحصائي في المعاينة العشوائية التطبيقية مع الاعتماد على قيد واحد، وذلك من خلال عمل مقارنة بين ثلاثة أنواع من مقاييس المسافة. أجريت دراسة تجريبية لتحليل أداء هذه التقديرات باستخدام بيانات حقيقية ونماذج محاكاة. أظهرت النتائج أن التقدير المقترح للمعايرة من المجتمع الإحصائي الأول قد قدم أفضل تقديرات لمتوسط المجتمع مقارنةً بالتقديرات البديلة.

في عام (2022) قام الباحث (Muili.et.al) [4] بتقديم دراسة حول معايرة المعاينة العشوائية التطبيقية باستخدام مقدرات النسبة المركبة، حيث تناولت هذه الدراسة مقاييس معايرة النوع النسبي المركب في العينة العشوائية التطبيقية. تم استنتاج مجموعة جديدة من أوزان المعايرة وخصائص مقدرات المعايرة المركبة المقترحة. جرى اختبار تجريبي عبر محاكاة للتحقق من فعالية هذه مقدرات. وأظهرت النتائج أن المقدرات التي تم اقتراحها تفوقت على بعض المقدرات الموجودة التي تمت دراستها في البحث.

عام (2023) قام الباحث (Mustafa Habib Mahdi) [5] بتقديم دراسة تهدف إلى مقارنة طرائق الانحدار الحسین لتقدير متوسط المجتمع في المعاينة العشوائية التطبيقية باستخدام طرائق Huber M، LAD، LMS، ومصفوفات التباين الحصينة MCD وMVE. أظهرت النتائج أن المقدرات الحصينة أكثر كفاءة من الطريقة التقليدية (OLS) في وجود القيم الشاذة، إذ حققت أقل قيم لمتوسط مربعات الخطأ (MSE) وأعلى كفاءة نسبية (RE)، وكانت طرائق LAD وLMS الأفضل في تقليل تأثير القيم الشاذة وتحسين دقة التقدير.

عام (2024) قام الباحثان (Etebong P. Clement & Akaninyene E. Anieting) [6] بتقديم دراسة حول تحسين أوزان المعايرة في العينة العشوائية التطبيقية، حيث اقترحا استعمال تقديرات المعايرة متعددة المتغيرات لتعزيز دقة تقدير متوسط المجتمع الإحصائي. أظهرت النتائج التحليلية أن المقدر الجديد أكثر كفاءة من المقدرات القائمة تحت ظروف معينة. أثبتت النتائج العددية والمحاكاة تفوق المقدر الجديد.

2. تصميم المعاينة العشوائية التطبيقية (STRS) Stratified Random Sampling Design

تعتبر المعاينة العشوائية التطبيقية واحدة من أبرز الأساليب الاحتمالية المستخدمة في الأبحاث الإحصائية، نظراً لأهميتها في تحسين دقة تقديرات. بالإضافة إلى ذلك، في المعاينة العشوائية التطبيقية، يعتبر حساب متوسط المجتمع أمراً مهماً جداً في الكثير من الدراسات، ويوجد العديد من الطرق للتقدير. من ضمن هذه الطرق، تقنية المعايرة (Calibration) والتي تهدف إلى تعديل الأوزان في العينة هذه الأوزان تكون قريبة من الأوزان الأصلية وبنفس الوقت تحقق قيود المعايرة المرتبطة بالمعلومات المساعدة. ([7] [8])

3. المعايرة (Calibration)

تعود الفكرة الأساسية لتقدير المعايرة بوجود معلومات مساعدة حيث يعود تاريخ تقدير المعايرة، الذي يعتمد عليه البحث الحالي، إلى عام 1992. وقد حظي هذا الموضوع بكم هائل من الدراسات التي أولت له اهتماماً خاصاً، قد تم تقديم مفهوم مقدرات المعايرة لأول مرة من قبل [Deville ; Sarndal]، [9] في مجال معاينة المسوح. حيث تعتبر طريقة المعايرة واحدة من التقنيات التقديرية التي تم تطويرها بهدف تعزيز دقة التقديرات عبر الاستفادة من المعلومات المساعدة. تقوم هذه الطريقة على تعديل الأوزان الأصلية من خلال تقليل دالة مسافة معينة، مع الالتزام ببعض القيود المعايرة المرتبطة بالمعلومات المساعدة. وتستهمل المعايرة في المعاينة العشوائية التطبيقية للحصول على أوزان تطبيقية مثلى. ([10] [11])

الجانب النظري

في هذا المبحث، تم استعراض بعض الطرائق لتقدير المتوسط وتباين المتوسط للمجتمع باستعمال تقنية المعايرة في المعاينة العشوائية التطبيقية.

4. طرائق التقدير (Estimation Methods)

تم اعتماد أربع طرق لتقدير متوسط وتباين المتوسط للمجتمع،

1.4 طريقة Cochran التقليدية [12]

يعطى المقدر الكلاسيكي لمتوسط المجتمع للمعاينة العشوائية التطبيقية على النحو التالي:

$$\bar{y}_{st} = \sum_{h=1}^L w_h \bar{y}_h \quad (1)$$

وكذلك يعطى التباين لمتوسط المعاينة العشوائية الطبقة بالشكل

$$v(\bar{y}_{St}) = \sum_{h=1}^L w_h^2 \frac{S_{hy}^2}{n_h} (1 - f_h) \quad (2)$$

حيث

$$w_h = \frac{N_h}{N} : \text{وزن الطبقة} ، f_h = \frac{n_h}{N_h} : \text{كسر المعاينة} ، \bar{y}_h = \frac{\sum_{i=1}^n y_{hi}}{n_h} : \text{متوسط العينة للطبقة } h \text{ لمتغير الدراسة}$$

$$S_{hy}^2 = \frac{\sum_{i=1}^{N_h} (y_{hi} - \bar{y}_h)^2}{N_h - 1} : \text{تباين المجتمع للطبقة } h ، n_h : \text{عدد مفردات العينة في الطبقة } h$$

2.4 طريقة Singh et al [13]

عام 1998 اقترح Singh et al منهجاً لمعايرة مقدر الانحدار الخطي العام (general linear regression estimator) GREG لتقدير متوسط المجتمع \bar{Y} في المعاينة العشوائية الطبقة. حيث يعد مقدر الانحدار الخطي العام (GREG) من أكثر المقدرات استخداماً لتقدير إجمالي أو متوسط المجتمع الإحصائي. يعتمد على اوزان معايرة التي يتم تحديدها بتقليل دالة المسافة من نوع chi-square مع مراعاة قيد المعايرة.

ان تقدير الوسط الحسابي في المعاينة العشوائية الطبقة \bar{y}_{St}^{SH} يعطى على النحو التالي:

$$\bar{y}_{St}^{SH} = \sum_{h=1}^L \Omega_h^{SH} \bar{y}_h \quad (3)$$

حيث Ω_h^{SH} هي اوزان المعايرة المفترضة من قبل Singh et al يتم اختيارها بحيث يكون مجموع مقياس المسافة من نوع (chi-square) أدنى ما يمكن مع مراعاة قيد المعايرة. حيث ان دالة المسافة من نوع (chi-square)، تعطى بالشكل:

$$\sum_{h=1}^L \frac{(\Omega_h^{SH} - w_h)^2}{Q_h w_h} \quad (4)$$

تحت القيد

$$\sum_{h=1}^L \Omega_h^{SH} \bar{x}_h = \bar{X} \quad (5)$$

حيث Q_h ثوابت يتم اختيارها بشكل مناسب للحصول على اشكال مختلفة من المقدر في معظم الأوقات تكون $Q_h = 1$ ،

\bar{X} متوسط المتغير المساعد في المجتمع، \bar{x} متوسط المتغير المساعد في العينة.

بواسطة استخدام تقنية مضاعف لاكرانج لحل المشكلة المذكورة أعلاه، يتم تحديد الوزن المعياري الأمثل Ω_h^{SH} كما يلي:

$$\Omega_h^{SH} = w_h + \left(\frac{w_h Q_h \bar{x}_h}{\sum_{h=1}^L w_h Q_h \bar{x}_h^2} \right) \left(\bar{X} - \sum_{h=1}^L w_h \bar{x}_h \right) \quad (6)$$

وبتعويض المعادلة (6) في المعادلة (3) يتم الحصول على المقدر المعايير على النحو التالي:

$$\bar{y}_{st}^{SH} = \sum_{h=1}^L W_h \bar{y}_h + \left(\frac{\sum_{h=1}^L w_h Q_h \bar{x}_h \bar{y}_h}{\sum_{h=1}^L w_h Q_h \bar{x}_h^2} \right) \left(\bar{X} - \sum_{h=1}^L w_h \bar{x}_h \right) \quad (7)$$

ويتم اعطاء تقدير التباين (GREG) المعايير بواسطة

$$v \bar{y}_{st}^{SH} = \sum_{h=1}^L \Omega_h^{SH^2} \frac{S_{eh}^2}{n_h} (1 - f_h) \quad (8)$$

حيث

$$b = \left(\frac{\sum_{h=1}^L w_h Q_h \bar{x}_h \bar{y}_h}{\sum_{h=1}^L w_h Q_h \bar{x}_h^2} \right) \text{، } e_{hi} = (y_{hi} - \bar{y}_h) - b(x_{hi} - \bar{x}_h) \text{، } S_{eh}^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n_h} e_{hi}^2}{n_h - 1}$$

3.4 طريقة Koyuncu & Kadilar [14]

عام (2016) اقترح Koyuncu & Kadilar مقدرًا مطورًا لطريقة المعايرة في المعاينة العشوائية الطبقية، بهدف رفع كفاءة تقدير متوسط المجتمع الإحصائي. وتعتمد الفكرة الجوهرية لهذا المقدر على تعديل الأوزان الخاصة بكل طبقة بحيث تقترب التقديرات الناتجة من القيم الحقيقية للمتغيرات المساعدة، مع السعي في الوقت نفسه إلى تقليل الفروق بين الأوزان المعدلة وأوزان التصميم الأصلية.

ان تقدير الوسط الحسابي للمعاينة العشوائية الطبقية المقترح \bar{y}_{st}^{kk} يعطى على النحو التالي:

$$\bar{y}_{st}^{kk} = \sum_{h=1}^L \Omega_h^{kk} \bar{y}_h \quad (9)$$

حيث Ω_h^{kk} هي اوزان المعايرة المفترضة من قبل Koyuncu & Kadilar يتم اختيارها بحيث يكون مجموع مقياس المسافة من نوع (chi-square) أدنى ما يمكن مع مراعاة قيد المعايرة. حيث ان دالة المسافة من نوع (chi-square)، تعطى بالشكل:

$$\sum_{h=1}^L \frac{(\Omega_h^{kk} - w_h)^2}{Q_h w_h} \quad (10)$$

وان قيود المعايرة هي:

$$\sum_{h=1}^L \Omega_h^{kk} \bar{x}_h = \sum_{h=1}^L w_h \bar{x}_h \quad (11)$$

$$\sum_{h=1}^L \Omega_h^{kk} S_{hx}^2 = \sum_{h=1}^L w_h S_{hx}^2 \quad (12)$$

$$\sum_{h=1}^L \Omega_h^{kk} = \sum_{h=1}^L w_h \quad (13)$$

بواسطة استخدام تقنية مضاعف لاكرانج، يتم تحديد القيم المثلى Ω_h^{kk} كما يلي :

$$\Omega_h^{KK} = w_h + w_h Q_h (\lambda_1 \bar{x}_h + \lambda_2 S_{hx}^2 + \lambda_3) \quad (14)$$

حيث ان $(\lambda_1 \lambda_2 \lambda_3)$ معاملات مضاعف لاكرانج

نعوض المعادلة (14) في المعادلات (11,12,13) على التوالي. ومن ثم حل نظام المعادلات لكي تستخرج قيم المعاملات $(\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3)$ ، وبعدها نعوض هذه المعاملات في المعادلة (14)، وثم نعوض النتائج في المعادلة (9)

نحصل على المقدر المعيار بالصيغة التالية:

$$\bar{y}_{st}^{KK} = \sum_{h=1}^L w_h \bar{y}_h + \hat{\beta}_1^{KK} \left[\sum_{h=1}^L w_h (\bar{X}_h - \bar{x}_h) \right] + \hat{\beta}_2^{KK} \sum_{h=1}^L w_h [(S_{hx}^2 - s_{hx}^2)] \quad (15)$$

حيث

$$\hat{\beta}_1^{KK} = \frac{\bar{Y}_h C_{hy} (\rho_{hyx} - \rho_{hys} \rho_{hxs})}{\bar{X}_h C_{hx} (1 - \rho_{hxs}^2)}$$

$$\hat{\beta}_2^{KK} = \frac{\bar{Y}_h C_{hy} (\rho_{hys} - \rho_{hyx} \rho_{hxs})}{S_{hx}^2 C_{hs} (1 - \rho_{hxs}^2)}$$

$$S_{hx}^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n_h} (x_{hi} - \bar{x}_h)^2}{n_h - 1}$$

$$S_{hx}^2 = \frac{\sum_{i=1}^{N_h} (X_{hi} - \bar{X}_h)^2}{N_h - 1}$$

هما تباين العينة والمجتمع للمتغير المساعد، على التوالي.

لم يقم Koyuncu & Kadilar (2016)، باشتقاق صيغة التباين المرتبط بمقدرهم. قام المؤلفون (Clement & Akaninyene (2024) [2] باشتقاق صيغة التباين لمقدر الانحدار المعيار المقترح باستعمال طريقة التقريب للعينات الكبيرة.

حيث ان التباين المقدر لمقدر المعايير Koyuncu & Kadilar يعطى بواسطة العلاقة التالية:

$$v(\bar{y}_{st}^{KK}) = \sum_{h=1}^L w_h^2 d_h [\bar{Y}_h^2 C_{hy}^2 + \bar{Y}_h^2 \hat{\beta}_1^{KK^2} \bar{X}_h^2 C_{hx}^2 + \hat{\beta}_2^{KK^2} S_{hx}^4 C_{hs}^2 - 2\hat{\beta}_1^{KK} \bar{Y}_h \bar{X}_h \rho_{hxy} C_{hx} C_{hy} - 2\hat{\beta}_2^{KK} \bar{Y}_h S_{hx}^2 \rho_{hsy} C_{hy} C_{hs} + 2\hat{\beta}_1^{KK} \hat{\beta}_2^{KK} S_{hx}^2 \bar{X}_h \rho_{hxs} C_{hx} C_{hs}] \quad (16)$$

حيث S_{hx}^2 : تباين المجتمع للمتغير المساعد في الطبقة h ، C_{hy} : معامل الاختلاف لمتغير الدراسة.

C_{hx} : معامل الاختلاف للمتغير المساعد، C_{hs} : معامل الاختلاف لتباين المتغير المساعد.

ρ_{hxy} : معامل الارتباط بين X, Y داخل الطبقة h ، ρ_{hxs} : معامل الارتباط بين X, Y داخل الطبقة h .

ρ_{hsy} : معامل الارتباط بين Y, S_x^2 داخل الطبقة h ، $d_h = \frac{1}{n_h} - \frac{1}{N_h}$ معامل تصحيح التباين.

4.4 طريقة Alam et. Al [15]

عام (2019) قام الباحث Alam et. Al بتطوير إطار منهجي جديد لتقدير المتوسط المجتمع ضمن سياق المعاينة العشوائية التطبيقية، وذلك باستخدام تقنية مبتكرة للمعايرة. في هذه الدراسة تم تطوير مقدرات معايرة للمتوسط المجتمع المحدود من خلال استخدام دالة مسافة جديدة. ان تقدير الوسط الحسابي للمعاينة العشوائية التطبيقية المقترح يعطى على النحو التالي:

$$\bar{y}_{st}^A = \sum_{h=1}^L \Omega_h^A \bar{y}_h \quad (17)$$

حيث Ω_h^A هي اوزان المعايرة المفترضة من قبل Alam et. Al التي يتم اختيارها باستخدام دالة المسافة التالية الذي يكون الحد الأدنى لها خاضعاً لقيود المعايرة.

$$Z = \frac{1}{2} \sum_{h=1}^L \frac{(\Omega_h^A - w_h)^2}{Q_h w_h} + \sum_{h=1}^L \sum_{h' \neq h=1}^L (\Omega_h^A - w_h)(\Omega_{h'}^A - w_{h'}) \quad (18)$$

حيث $w_{h'}$ (وزن الطبقة h). يتم الحصول على الاوزان المعايرة الجديدة عن طريق تقليل المعادلة (18) وفقاً للقيود التالي.

$$\sum_{h=1}^L \Omega_h^A \bar{x}_h = \bar{X} \quad (19)$$

حيث ان دالة لاكرانج (Lagrange function) تعطى بالشكل التالي.

$$L = \frac{1}{2} \sum_{h=1}^L \frac{(\Omega_h^A - w_h)^2}{Q_h w_h} + \sum_{h=1}^L \sum_{h' \neq h=1}^L (\Omega_h^A - w_h)(\Omega_{h'}^A - w_{h'}) - \lambda_1 \left(\sum_{h=1}^L \Omega_h^A \bar{x}_h - \bar{X} \right) \quad (20)$$

حيث Q_h اوزان مختارة بشكل مناسب وعادة ما تكون قيمتها مساوية للواحد

تستعمل دالة لاكرانج لتقليل المعادلة (18) وفقاً لقيود المعايرة الوارد في (19)

يتم اشتقاق دالة لاكرانج بالنسبة الى الوزن المعايير الجديد ومساواتها الى الصفر. وبالتالي نحصل على اوزان المعايرة الجديدة كالآتي:

$$\Omega_h^A = w_h + \left[\frac{\left[\frac{w_h Q_h \bar{x}_h}{1 - w_h Q_h} \right]}{\sum_{h=1}^L \left[\frac{w_h Q_h \bar{x}_h^2}{1 - w_h Q_h} \right]} \right] \left[\bar{X} - \sum_{h=1}^L w_h \bar{x}_h \right] \quad (21)$$

نعوض المعادلة (21) في المعادلة (17) نحصل على مقدر المعايرة لتقدير الوسط الحسابي في المجتمع \bar{y}_{st}^A كالآتي.

$$\bar{y}_{st}^A = \sum_{h=1}^L w_h \bar{y}_h + \hat{\beta} (\bar{X} - \sum_{h=1}^L w_h \bar{x}_h) \quad (22)$$

حيث

$$\hat{\beta} = \frac{\sum_{h=1}^L \left[\frac{w_h Q_h \bar{x}_h \bar{y}_h}{1 - w_h Q_h} \right]}{\sum_{h=1}^L \left[\frac{w_h Q_h \bar{x}_h^2}{1 - w_h Q_h} \right]}$$

حيث ان التباين المقدر لمقدر معايرة Alam et.al يعطى بواسطة العلاقة التالية:

$$v(\bar{y}_{st}^A) = \sum_{h=1}^L \Omega_h^2 \frac{s_{eh}^2}{n_h} (1 - f_h) \quad (23)$$

الرموز تم تعريفها سابقا

5. الجانب التطبيقي

ليبيان تطبيق وطريقة احتساب المقدرات لتقدير متوسط المجتمع الاحصائي تم استخدام بيانات انتاج محصول الحنطة في العراق لسنة 2023 والتي تم الحصول عليها من وزارة التخطيط/ هيئة الإحصاء ونظم المعلومات الجغرافية / مديرية الزراعة. تشمل البيانات كافة انحاء العراق تمثل مجتمع الدراسة، التي تتضمن متغيرين رئيسيين: المساحة المزروعة (بالدونم) التي تعتبر المتغير المساعد والإنتاج الكلي (بالطن) الذي يعد المتغير الرئيسي (متغير الدراسة). تم تقسيم المجتمع الى $L=18$ طبقات بناءً على المحافظات، ونظراً لتباين خصائص هذا المجتمع بحسب المحافظات والوحدات الإدارية المختلفة، فقد تم استعمال المعاينة العشوائية الطبقية لتقدير المتوسط العام للإنتاج \bar{Y} بالاعتماد على المتغير المساعد X ، من اجل الحصول على عينات أكثر دقة. وتم حساب حجم العينة الكلي (144) عن طريق معادلة تحديد حجم العينة في المعاينة الطبقية رقم (24)، وتم احتساب حجم العينات الطبقية باستعمال التخصيص المتناسب وبمستوى معنوية 95%. والخطأ مقداره (2)، بالإضافة الى حساب قيم الارتباط بين المتغيرين (X, Y) ، لكل طبقة حسب صيغة بيرسون. تم تحليل البيانات من خلال برنامج (MATLAB). (A).2019.

$$n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0}{N}} \quad (24)$$

$$n_0 = \frac{\sum w_h s_h^2}{\left(\frac{d}{t}\right)^2}$$

6. النتائج (Results)

قبل استخراج تقدير متوسط المجتمع وتباين المتوسط للمجتمع حسب الطرائق المعتمدة في الجانب النظري، تم أولاً استخراج متوسط وتباين كل طبقة لكل من متغير الدراسة (Y) ، والمتغير المساعد (X) ، بالإضافة الى الارتباط بين المتغيرين لكل طبقة، كما تم تحديد وزن كل طبقة، ولكل محافظة وكما يظهر في الجدول (1). من خلال برنامج (MATLAB). (A).2019.

جدول (1)

يبين الإحصاءات الوصفية للبيانات الحقيقية لمحصول الحنطة

corr(X_h, Y_h)	$v(Y_h)$	\bar{Y}_h	$v(X_h)$	\bar{X}_h	W_h	N_h	Gov.	Region
0.97	106.51	8.59	129515660.6	11255	0.0438	7	بغداد	1
0.83	104.87	19.7	355682198.9	31833	0.0438	7	ميسان	2
0.99	5255.2	41.5	12384091116	66907	0.0313	5	المثنى	3
0.98	335.82	28.9	581420621.1	40545	0.0438	7	ديالى	4
0.86	621.37	32.6	1483214494	46800	0.05	8	الانبار	5
0.99	54.501	6.62	133939145.8	10208	0.0313	5	البصرة	6
0.83	3626.8	81.6	5265912862	124216	0.025	4	القادسية	7
0.98	2205	47.5	2762436689	55595	0.025	4	النجف	8

0.99	124.15	29.3	227145565.5	34160	0.0375	6	بابل	9
0.98	96.06	11.5	112785547.7	13243	0.0875	14	ذي قار	10
0.92	4160.7	62.008	4865214208	72133	0.0563	9	صلاح الدين	11
0.99	882.8	18.8	1009800815	21278	0.0375	6	كربلاء	12
0.98	8286.8	122.3	13000338385	157313	0.025	4	كركوك	13
0.53	3340.8	83.74	54241801262	374471	0.0625	10	الموصل	14
0.71	3617.8	89.04	3846729551	135669	0.0375	6	واسط	15
0.99	746.2	25.04	1354551312	37003	0.1125	18	اربيل	16
0.91	1716.6	54.59	5360769884	110606	0.0438	7	دهوك	17
0.98	898.7	30.58	1350546498	39105	0.2063	33	السليمانية	18

تم استخراج حجوم العينات لكل محافظة، وتم حساب تقدير الوسط الحسابي وتقدير التباين لمتغيري (Y,X) ولكل محافظة، كما تم حساب الارتباط بينهما، بالإضافة الى تحديد الاوزان الخاصة بكل محافظة للعينة المسحوبة من المجتمع، وكما يظهر في الجدول (2).

الجدول (2)

يبين الإحصاءات الوصفية للبيانات في العينة العشوائية الطبقية لمحمول الحنطة

$cor(x_h, y_h)$	sy_h	sX_h	sx_h	\bar{y}_h	d_h	\bar{x}_h	w_h	n_h	N_h	Gov.	h
0.97	5.241	11380.4	8068.4	5.13	0.02 4	7975.5	0.04 4	6	7	بغداد	1
0.83	11.12 1	18859.5	15816.1	19.2	0.02 4	27246.6	0.04 4	6	7	ميسان	2
0.99	72.49 2	111283.8	111283.8	41.6	0	66907	0.03 1	5	5	المتنى	3
0.98	19.82 6	24112.6	26405.5	30.08	0.02 4	40777.6	0.04 4	6	7	ديالى	4
0.86	24.13 5	38512.5	38060.9	36.5	0.01 8	52294.8	0.05	7	8	الانبار	5
0.99	7.382	11573.2	11573.2	6.62	0	10207.6	0.03 1	5	5	البصرة	6
0.83	60.22 3	72566.6	72566.6	81.6	0	124215. 8	0.02 5	4	4	القادسية	7
0.98	46.95 7	52558.8	52558.8	47.5	0	55594.7	0.02 5	4	4	النجف	8

0.99	11.76 3	15071.3	15571.6	30.8	0.03 3	36511.4	0.03 8	5	6	بابل	9
0.98	9.96	10620.05	10776.6	12.16	0.00 5	13874.3	0.08 8	13	14	ذي قار	10
0.92	66.82 1	69751.08	71462.5	67.3	0.01 4	78772.3	0.05 6	8	9	صلاح الدين	11
0.99	32.84 4	31777.3	35231.9	20.6	0.03 3	22949.6	0.03 8	5	6	كربلاء	12
0.98	91.03 1	114019.0 3	114019.0 3	122.2	0	157312. 8	0.02 5	4	4	كركوك	13
0.53	61.11 6	232898.6	241650.3	85.17	0.01 1	389752. 8	0.06 3	9	10	الموصل	14
0.71	52.37	62022.00 9	66181.2	73.6	0.03 3	128110. 4	0.03 8	5	6	واسط	15
0.99	20.07 4	36804.2	27927.9	20.5	0.00 7	30943.3	0.11 3	16	18	اربيل	16
0.91	41.32 6	73217.2	70518.03	61.06	0.02 4	123789. 9	0.04 4	6	7	دهوك	17
0.98	31.30 9	36749.7	38506.4	30.6	0.00 3	39165.9	0.20 6	30	33	السليمانية	18

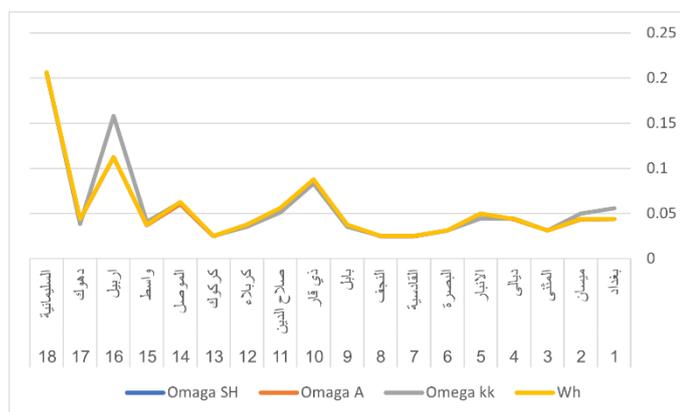
تم حساب الاوزان المعدلة لمقدرات المعايرة حسب الصيغ (6)، (14)، (21)، لكل محافظة كما يظهر في الجدول (3)

الجدول (3)

يبين اوزان المعايرة لطرائق التقدير في العينة العشوائية التطبيقية لمحمول الحنطة

Ω_h^{KK}	Ω_h^A	Ω_h^{SH}	Gov.	h
0.0558	0.0437	0.0437	بغداد	1
0.0498	0.0436	0.0436	ميسان	2
0.0312	0.0310	0.0310	المتنى	3
0.0444	0.0436	0.0436	ديالى	4
0.0443	0.0497	0.0497	الانبار	5
0.0312	0.0312	0.0312	البصرة	6
0.025	0.0247	0.0247	القادسية	7
0.025	0.0248	0.0248	النجف	8
0.0351	0.0373	0.0373	بابل	9

0.0830	0.0873	0.0873	ذي قار	10
0.0512	0.0558	0.0558	صلاح الدين	11
0.0350	0.0374	0.0374	كربلاء	12
0.025	0.0246	0.0246	كركوك	13
0.0620	0.0604	0.0604	الموصل	14
0.0407	0.0371	0.0370	واسط	15
0.1578	0.1121	0.1122	اربيل	16
0.0384	0.0433	0.0432	دهوك	17
0.2062	0.2054	0.2055	السليمانية	18



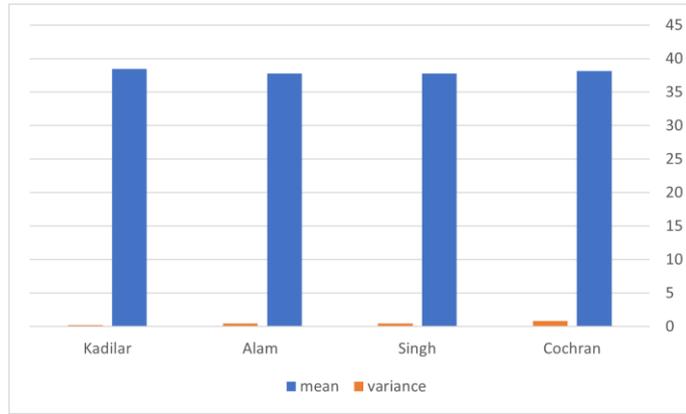
المخطط (1) يوضح الوزن الاصلي والاوزان الجديدة لطرائق المعايرة

تم استخراج تقدير المتوسط للمجتمع حسب الصيغ (1)، (7)، (15)، (22)، وتقدير التباين للمتوسط وحسب الصيغ (2)، (8)، (16)، (23)، كما يظهر في الجدول (4).

الجدول (4)

يبين تقدير المتوسط وتقدير التباين للمتوسط لجميع الطرائق

Koyuncu & Kadilar	Alam	Singh	Cochran	Method
38.4643	37.7952	37.7952	38.1739	\bar{y}_{st}
0.23041	0.48911	0.48913	0.83855	$v(\bar{y}_{st})$



المخطط (2) يوضح المتوسط وتباين المتوسط لمحصول الحنطة لجميع الطرائق

7. مناقشة النتائج (Results discussion)

الجدول (1)، يمثل الخصائص الإحصائية للمجتمع لكل محافظة والتي تستخدم لحساب المقدرات في القسم (3)، تتراوح الأوزان التطبيقية من (0.025) في محافظة النجف إلى (0.206) في محافظة السليمانية، هذا يعني أن الطبقة التي تمتلك أكبر وزن نسبي في المجتمع تساهم بأعلى نسبة من المجتمع. وكذلك المتوسطات تتفاوت من (6.6268 طن) في محافظة البصرة إلى (122.29 طن) في محافظة كركوك هذا يظهر اختلاف واضح في متوسط إنتاج الحنطة بين المحافظات، ربما بسبب اختلاف الظروف البيئية أو المساحات المزروعة. المحافظات الشمالية مثل (كركوك، دهوك، أربيل، السليمانية)، أظهرت مستويات إنتاج مرتفعة من (25 طن) إلى (122.29 طن)، وأوزان طبقية عالية (0.1125 – 0.2063)، مما يدل على دورها البارز في الإنتاج، ويعود ذلك إلى وفرة الأمطار وخصوبة الأراضي. في المقابل سجلت المحافظات الجنوبية مثل البصرة (6.626 طن) وذي قار (11.5 طن)، سجلت أقل مستويات للإنتاج بسبب محدودية الموارد المائية وارتفاع درجات الحرارة. كما نلاحظ أن المحافظات ذات الإنتاج العالي تمتلك أيضاً متوسطات عالية للمساحة المزروعة (X)، مما يثبت العلاقة القوية بين المتغيرين. بعض المحافظات لديها تباين كبير مثل (القادسية، صلاح الدين، كركوك)، مما يعني أن الإنتاج داخل هذه المحافظات غير ثابت بين الأفضية، بالمقابل هناك محافظات ذات تباين منخفض (بغداد، البصرة)، مما يدل على تجانس في الإنتاج. غالبية المحافظات تمتلك معاملات ارتباط قوية جداً، يدل ذلك على وجود علاقة قوية بين المتغير المساعد (المساحة المزروعة)، ومنتج الدراسة (الإنتاج)، وهو ما يساند فكرة استخدام المساحة المزروعة كمتغير مساعد مناسب مما يزيد دقة تقدير متوسط المجتمع الكلي للإنتاج في تقنية المعايرة.

الجدول (2)، يعرض الخصائص الإحصائية المأخوذة من العينة لكل محافظة. الاتجاه العام يعكس بيانات المجتمع، حيث أن المحافظات ذات الإنتاجية العالية في المجتمع بقيت كذلك مرتفعة في العينة. هذا يشير إلى أن العينة تمثل المجتمع بشكل دقيق. قوة الارتباط بين المتغيرين لا تزال قائمة، وهذا يؤكد استعمال تقنية المعايرة التي تعتمد على دمج المعلومات المساعدة من أجل تحسين دقة التقدير. العينة المختارة حافظت على صفات المجتمع، مما يدل على أن تصميم المعاينة التطبيقية مناسب لتطبيق مقدرات المعايرة.

الجدول (3)، يبين الأوزان المعدلة لكل محافظة بعد تطبيق طرائق تقدير المعايرة، نلاحظ أن أغلب الأوزان المعدلة لا تختلف كثيراً عن الأوزان الأصلية في الجدول (1)، وهذا يدل على أن تقنية المعايرة لم تغير الأوزان بصورة كبيرة بل عدلتها بصورة بسيطة ودقيقة وهذا الأمر مرغوب به لأنه يحافظ على خصائص التصميم الأصلي للعينة. كانت الأوزان المعدلة قريبة من الأوزان الأصلية في طريقتي (Alam & Singh (1988) (2019) ، حيث تميل هاتان الطريقتان إلى الاستقرار والحفاظ على تصميم المعاينة الأصلية. بينما في طريقة (Koyuncu & Kadilar (2016) تختلف الأوزان المعدلة عن الأوزان الأصلية، خاصة في المحافظات التي تشهد تبايناً عالياً مثل محافظة أربيل حيث ارتفع الوزن من (0.1125) إلى (0.1578)، وفي محافظة دهوك، انخفض الوزن من (0.0438) إلى (0.0384)، هذا التغيير النسبي يشير إلى أن الطريقة تأخذ في اعتبارها اختلاف التباين والارتباط بوضوح داخل المحافظة، فتعطي وزناً أكبر للمحافظات الأكثر تأثراً في التقدير. نلاحظ أن محافظتي أربيل والسليمانية حصلنا على أعلى الأوزان المعدلة في كافة الطرائق، مما يدل على أنهما تتمتعان بإنتاج عالي لمحصول الحنطة في شمال العراق وتمتاز بظروف مناخية ملائمة تتغير من قضاء إلى آخر داخل المحافظة، حيث يساهم وجود مناطق جبلية ومناطق سهلية في حدوث اختلاف كبير في كمية الأمطار ونوعية التربة، مما يؤدي إلى تفاوت في الإنتاج بين الأفضية. هذا التنوع داخل المحافظة يؤدي إلى ارتفاع التباين ومع ارتباط قوي بين المتغيرين، وبالتالي لهما تأثير أكبر على تقدير متوسط المجتمع الكلي.

الجدول (4) يعرض التقديرات للمتوسط والتباين للمتوسط لمحصول الحنطة في المعاينة العشوائية التطبيقية باستعمال متغير مساعد واحد. جميع المقدرات أظهرت متوسطات قريبة من المتوسط المجتمع الكلي الذي تبلغ قيمته (38.33)، ولكن الاختلاف البارز كان في قيم التباين، حيث انخفض التباين بشكل ملحوظ مع تقنيات المعايرة مقارنة بالمقدر التقليدي. فقد حقق مقدر (Koyuncu & Kadilar) أعلى مستوى من الدقة مع أقل تباين. يأتي بعده مقدر (Singh & Alam) اللذان أظهرتا أداءً متقارباً، بينما كان مقدر Cochran التقليدي أقل دقة وأكثر تشتتاً. تدل هذه النتائج على أن استعمال تقنية المعايرة حققت تحسناً كبيراً في دقة تقدير متوسط المجتمع الإحصائي.

أكدت المقارنة بين المقدرات اعلاه ان طريقة (Koyuncu & Kadilar) قد حصلت على أقل قيمة لتباين التقدير، وبالتالي كانت الأكثر كفاءة بين جميع المقدرات المدروسة. وهذا يدل على أنها أفضل طريقة لما يوفره من مؤشرات أكثر دقة في تقييم كفاءة الزراعة على مستوى المحافظات العراقية، ويمكن الاعتماد عليه في التخطيط الزراعي وتخصيص الموارد المستقبلية بدقة أعلى.

8. الاستنتاجات (Conclusions)

أظهرت نتائج الجانب التطبيقي ان استعمال تقنية المعايرة في تقدير متوسط انتاج الحنطة أدى الى زيادة دقة التقدير، حيث انخفض تباين التقدير من 0.838 بالطريقة التقليدية (Cochran)، الى (0.230)، في طريقة (Koyuncu & Kadilar)، كما حققت طرائق (Singh و Alam)، تباين مقداره (0.489)، هذه الأرقام تؤكد ان تطبيق تقنية المعايرة يسهم بشكل فعال في تقليل التشتت وزيادة دقة تقدير المتوسط المجتمع. كما، أظهرت المحافظات ذات التباين العالي مثل أربيل والسليمانية اعلى اوزان معدلة (0.157 – 0.206)، مما يدل على أثرها الكبير في تحسين تقدير متوسط المجتمع. بناءً على ذلك، يمكن اعتماد طريقة (Koyuncu & Kadilar)، بوصفها الأكثر كفاءة وملاءمة للبيانات الزراعية لما توفره من دقة اعلى واستقرار في التقدير.

على الرغم من ان نتائج الدراسة أظهرت كفاءة عالية لطرائق المعايرة في تقدير متوسط انتاج محصول الحنطة بالاعتماد على المساحة المزروعة كمتغير مساعد الا ان هناك عدد من المحددات التي ينبغي اخذها بنظر الاعتبار عند تفسير النتائج او تعميمها.

- على الرغم من ان الدراسة ركزت بشكل رئيسي على محصول الحنطة، فقد تم كذلك تطبيق مقدرات المعايرة في الدراسات السابقة الاجنبية على محاصيل زراعية أخرى. أظهرت نتائج مماثلة بل تفوق واضح على المقدر التقليدي. ومع ذلك، تبقى تعميم النتائج على المحاصيل الزراعية مشروطة بتشابه الخصائص الإحصائية وطبيعة العلاقة بين المتغير المساعد ومتغير الدراسة في كل حالة.
- فيما يتعلق بحجم العينة فقد تم اعتماد نسبة 40% من حجم المجتمع في تجارب تجريبية، وأثبتت النتائج ان هذه النسبة أعطت تقديرات دقيقة ذات تباين منخفض، مما يعزز كفاءة طرائق المعايرة. ومع ذلك، قد يؤدي استخدام نسب عينات مختلفة الى تغير في دقة التقديرات، لذا يوصى بأجراء دراسات مستقبلية لاختبار تأثير حجم العينة على استقرار النتائج.
- ان الدراسة لم تتناول تأثير القيم الشاذة في البيانات.

في النهاية، توصلت الدراسة ان تقنية المعايرة تقدم تقديرات أكثر دقة واتساقاً مقارنة بالمقدرات التقليدية، وبالتالي ينصح الباحثون والاحصائيون بالاعتماد عليها في المسوح الإحصائية التي تتطلب اوزان معايرة مثل في المعاينة العشوائية الطبقيّة.

9. التوصيات والمقترحات

بناءً على الاستنتاجات التي توصل إليها الباحث، نعرض أدناه مجموعة من التوصيات والمقترحات التي نأمل أن تحظى باهتمام الباحثين، وهي كالتالي:

- نوصي الباحثون في هذا المجال استعمال نتائج هذه الدراسة كنقطة بداية لإنشاء نماذج أكثر دقة تناسب ظروف البيانات الحقيقية، ونؤكد على ضرورة الاستفادة من القاعدة الرياضية لتقنية المعايرة في تطوير إصدارات جديدة من أدوات التحليل الإحصائي ذات الكفاءة العالية.
- التركيز على التطبيق العملي في القطاعات الأساسية مثل الزراعة والطاقة والصحة، بهدف تعزيز استخدام تقنيات المعايرة في تقدير المتوسطات وقياس المؤشرات بشكل دقيق وموسع.
- اقتراح مقاييس جديدة للمسافة في إطار تقنية المعايرة، واختبار تأثيرها على تحسين التقديرات.
- استعمال أسلوب المعايرة في المعاينة المزدوجة أو متعددة المراحل، يهدف إلى تقييم مدى كفاءة التقديرات في المسوح المعقدة والواسعة النطاق، وذلك بالمقارنة مع التصاميم الطبقيّة التي تعتمد على مرحلة واحدة فقط.
- نوصي في الدراسات المستقبلية تناول القيم الشاذة في البيانات واختبار دقة مقدرات المعايرة تجاه هذه القيم باستعمال طرائق حصينة.

الاختصارات

الاختصار	المصطلح الكامل
STRS	Stratified Random Sampling Design
GREG	general linear regression estimator

تضارب المصالح

لا توجد تضارب مصالح

الموافقة على النشر

لقد قرأنا ووافقنا على النسخة النهائية من المخطوطة للنشر

توافر البيانات والمواد

البيانات الداعمة لنتائج هذه الدراسة متاحة ضمن ملاحق رسالة المؤلف، ويمكن الحصول عليها من المؤلف المراسل عند الطلب.

مساهمات المؤلفين

قام م.ع.ك. بتصميم الفكرة البحثية، وإعداد الجانب النظري والتطبيقي للبحث، فضلاً عن جمع البيانات وتنظيمها، كما ساهم في صياغة المسودة الأولى للمقال، بينما تم تنفيذ الجزء البرمجي واستخراج النتائج الحسابية بمساعدة مبرمج مختص.

قامت س.م.ح. بالإشراف العلمي على جميع مراحل البحث، وتوجيه منهجية العمل، ومراجعة التحليل الإحصائي والنتائج، والإشراف على الصياغة النهائية للمقال لضمان دقته العلمية وجودته الأكاديمية. قرأ جميع المؤلفين ووافقوا على النسخة النهائية من المخطوطة للنشر.

التمويل

لن يتلق هذا البحث أي تمويل من جهات أو مؤسسات عامة أو خاصة أو غير ربحية.

الشكر والتقدير

يتقدم الباحث بخالص الشكر والعرفان إلى المشرف الأكاديمي الدكتور (سجى محمد حسين) على توجيهاتها العلمية ودعمها المستمر، كما يعبر عن امتنانه لكل من ساهم في إنجاز هذا العمل.

References

- [1] D. K. Rao, M. G. M. Khan and G. K. Singh, "On calibrated weights in stratified sampling," *ANZIAM Proceedings*, vol. 59, pp. 190-204, 2017. <https://doi.org/10.21914/anziamj.v59i0.12668>
- [2] O. M. Olayiwola, F. S. Apantaku and K. A. Oyekunle, "A MODIFIED CALIBRATION APPROACH FOR RATIO ESTIMATOR IN STRATIFIED SAMPLING," *FUDMA JOURNAL OF SCIENCES*, vol. 4, no. 4, pp. 507-512, 2020. <https://doi.org/10.33003/fjs-2020-0404-456>
- [3] E. Inyang, O. Nkan and T. T. Ojewale, "Calibration Approach Product Type Estimators of Population," *Asian Journal of Probability and Statistics*, vol. 15, no. 2, pp. 41-58, 2021. [10.9734/ajpas/2021/v15i230350](https://doi.org/10.9734/ajpas/2021/v15i230350)
- [4] J. O. Muili, R. K. Singh and G. I. Onwuka, "Calibration of Stratified Random Sampling with Combined Ratio Estimators," *Oriental Journal of Physical Sciences*, vol. 7, no. 1, pp. 30-36, 2022. . Doi: <http://dx.doi.org/10.13005/OJPS07.01.05>
- [5] M. H. Mahdi and S. M. Hussein, "A comparison study of some robust regression methods to estimate the population mean in stratified random sampling," *Journal of Al-Turath (Al-Turath Journal), University of Baghdad*, pp. 1-13, 2024.
- [6] E. P. Clement and A. E. Anieting, "Improvement on Calibration Weightings in Stratified Random Sampling," *International Journal of Statistical Sciences*, vol. 24, no. 2, pp. 125-136, 2024. <https://doi.org/10.3329/ijss.v24i2.77999>
- [7] S. Singh, "STRATIFIED AND POST-STRATIFIED SAMPLING," in *Advanced Sampling Theory with Applications*, U.S.A. Kluwer Academic Publishers, 2003, pp. 649-650.
- [8] N. Özgül, "New calibration estimator in stratified sampling," *Journal of Statistical Computation and Simulation*, vol. 88, no. 13, pp. 2561-2572, 2018. <https://doi.org/10.1080/00949655.2018.1478417>
- [9] J. C. Deville and C.E. Särndal, "Calibration Estimators in Survey Sampling," *Journal of the American Statistical Association*, vol. 418, no. 87, p. 376-382, 1992. <https://users.stat.umn.edu/~gmeeden/classes/5201/handouts/calibrate.pdf>
- [10] J. M. Kim, E. A. Sungur and T. Y. Heo, "Calibration approach estimators in stratified sampling," *Statistics & Probability Letters*, vol. 77, no. 1, pp. 99-103, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.spl.2006.05.015>
- [11] D. K. Rao, T. Tekabu and M. G. Khan, "New calibration estimators in stratified sampling," *In 2016 3rd Asia-Pacific World Congress on Computer Science and Engineering (APWC on CSE)*, pp. 66-70, 2016. DOI: [10.1109/APWC-on-CSE.2016.022](https://doi.org/10.1109/APWC-on-CSE.2016.022)
- [12] W. G. COCHRAN, *Sampling Techniques*, New York• Chichester• Brisbane• Toronto• Singapore: JOHN WILEY & SONS, 1977.

- [13] S. Singh, " Estimation of variance of the general regression estimator: Higher level calibration approach," *Survey methodology*, vol. 24, no. 1, pp. 41-50, 1998. https://publications.gc.ca/collections/collection_2016/statcan/12-001/CS12-001-24-1-eng.pdf
- [14] N. Koyuncua and C. Kadilar, "Calibration Weighting In Stratified Random Sampling," vol. 45, no. 7, pp. 2267-2275, 2016. 2275. <https://doi.org/10.1080/03610918.2014.901354>
- [15] S. Alam, S. Singh and J. Shabbir, "New Methodology of Calibration in Stratified Random Sampling," *In Survey Research Methods Section*, vol. 3, pp. 90-95, 2019. <https://www.asasrms.org/Proceedings/y2019/files/1199447>