

6

## كلية طب الاسنان

مبادئ البحث العلمي والاحصاء الحيوي

### Methodology & Statistics



الأستاذ الدكتور محمود محمد ديب طيوب

الفصل الدراسي الأول للعام 2023-2024

محاضرة رقم 6 اليوم الاحد تاريخ / / 2023/

## مقاييس النزعة المركزية



تمهيد

مقاييس النزعة المركزية.

1-2-4 المتوسط الحسابي.

2-2-4 الوسط الهندسي..

3-2-4 الوسط التوافقي

4-2-4 الوسط التربيعي

5-2-4 الوسيط

## مقاييس النزعة المركزية

تمهيد:

عرضنا في الفصول السابقة كيفية جمع البيانات الإحصائية، والطريقة المستخدمة في تصنيفها وترتيبها وتبويبها في صورة جداول وكذلك تمثيلها بيانياً،

غير أننا قد نحتاج في أحيان كثيرة إلى التعبير عن توزيع قيم ظاهرة ما بقيمة واحدة تُظهر الخصائص العامة لتلك الظاهرة،

فعند دراسة ميل معظم قيم تلك الظاهرة للتمركز حول قيمة معينة يُطلق على هذا الميل اسم النزعة المركزية. وهو ما يُعرف بظاهرة النزعة المركزية أي نزعة القيم المختلفة إلى التوضع حول القيمة النموذجية أو القيمة الممثلة لمجموعة القيم في التوزيع،

المقاييس التي تبحث في تقدير قيمة تتمركز حولها أغلبية هذه البيانات تسمى بمقاييس النزعة المركزية. تتمثل القيمة المتوسطة للمجتمع أكثر من أية وحدة من مفرداته فهي رقم واحد يعبر عن، أو يمثل جميع البيانات لكل المجموعة.

### التي يجب أن يتمتع بها مقياس جيد من مقاييس التمرکز وأهمها: Yulle شروط يول

1. يجب تحديد قيمته بالضبط أي يجب أن يكون معرّفاً تعريفاً دقيقاً، وليست بمجرد تقدير.
2. يجب أن يُبنى على جميع المشاهدات أو غالبيتها.
3. يمكن حسابه بسهولة وبسرعة.
4. يمكن التعبير عنه بصورة رمزية، أو بعلاقة، مما يجعله خاضعاً للمعالجات الجبرية المختلفة.
5. - يفضل ألا تتأثر بتذبذب العيّات، أو يكون تأثيرها أقل ما يمكن.
6. - لا يتأثر كثيراً بالتقلبات التي قد تنشأ عن اختلاف العيّنة أو العيّات في مجتمع واحد.
7. - لا يتأثر كثيراً بالقيم الشاذة أو القيم المتطرفة

## مقاييس النزعة المركزية

### 1- الوسط الحسابي Mean Arithmetic:

الوسط الحسابي أو المتوسط لمتغير ما هو القيمة الناتجة عن قسمة مجموعة تلك القيم على عددها ويرمز له بـ  $\bar{x}$  (إكس بار).

طرق حساب الوسط الحسابي:

- حالة بيانات مفردة (سلسلة قياسات):

أي إذا كان لدينا  $n$  مجموعة من القيم أو المشاهدات  $x_i : x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$  فإن الوسط الحسابي لها يساوي:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

مثال

البيانات التالية تمثل علامات

$x_i : 70, 65, 50, 80, 75$

خمسة طلاب في الإحصاء:

فما هو متوسط علامات الطلاب:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{70 + 65 + 50 + 80 + 75}{5} = \frac{340}{5} = 68$$

- حالة بيانات مرتبة غير مبوية: Ungrouped data

إذا كان لدينا سلسلة قياسات  $x_i : x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$  وكل قياس مكرر أكثر من مرة وحجم البيانات صغير نسبياً فيحسب وسطها الحسابي على النحو التالي:

قيم الترتيب $x_i$	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_n$
التكرارات $n_i$	$n_1$	$n_2$	$n_3$	$n_n$
$n_i x_i$	$n_1 x_1$	$n_2 x_2$	$n_3 x_3$	$n_n x_n$

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n f * x}{\sum f} \Leftrightarrow \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n f * n}{\sum n}$$

مثال

لتكن لدينا البيانات التي تمثل علامات الطلاب في الإحصاء موزعة في الجدول التالي:

الدرجات	$x_i$	50	55	60	65	68	70	75	$\sum n_i$
التكرار	$n_i$	1	5	8	4	10	2	1	$\sum n_i = 31$

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i n_i}{\sum n_i} = \frac{50 \times 1 + \dots + 75 \times 1}{31} = \frac{1960}{31} = 63,23$$

## بيانات مبوبة Grouped data

تمثل مراكز الفئات في جدول التوزيع التكراري مع تكراراتها  $x'_1, x'_2, x'_3, \dots, x'_n$  إذا كانت على التوالي، فالوسط الحسابي:  $n_i : n_1, n_2, n_3, \dots, n_n$

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n n x_i}{\sum n} \Leftrightarrow \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^f f x}{\sum f}$$

وخطوات حسابه هي:

الحد الأعلى للفئة + الحد الأدنى للفئة

1 - تعيين مراكز الفئات =

$$c = \frac{U + L}{2}$$

2 - ضرب مركز كل فئة بمقدار تكرارها .  $n * x'$  او  $f * x'$

3 - قسم مجموع (حاصل ضرب مركز كل فئة  $\times \sum n * x'$  او  $\sum f * x'$  على مجموع التكرارات  $\sum f$  او  $\sum n$ )

مثال

يبين الجدول التالي التوزيع التكراري لدرجات 250 طالباً في مقرر الإحصاء. (المصدر فرضي)

الفئات	[10-20[	[20-30[	[30-40[	[40-50[	[50-60[	[60-70[	[70-80[	[80-90[	[90-100]	$\Sigma$
$n_i$ التكرار	6	14	26	43	51	47	2	27	7	250

المطلوب: حساب الوسط الحسابي لعلامات الطلاب في مقرر الإحصاء

الحل:

جدول حساب الوسط الحسابي لعلامات الطلاب في مقرر الإحصاء بالطريقة المباشرة (حالة بيانات مبوبة).

الفئات	n التكرارات	$x'$ مركز الفئة	$n * x'$
[10-20[	6	15	90
[20-30[	14	25	350
[30-40[	26	35	910
[40-50[	43	45	1935
[50-60[	51	55	2805
[60-70[	47	65	3055
[70-80[	29	75	2175
[80-90[	27	85	2295
[100-90[	7	95	665
$\Sigma$	$\sum n = 250$		$\sum n * x' = 14280$

ومنه نجد أن الوسط الحسابي يساوي:

$$\bar{X} = \frac{\sum n * x'}{\sum n} = \frac{14280}{250} = 57.12$$

## -خواص الوسط الحسابي:

**خاصة (1):** إن قيمة الوسط الحسابي لبيانات مفردة، أو مرتبة واحد، لكنه يخالف عن القيمة الحقيقية في حالة تبويب البيانات،

**خاصة 2 :** إذا أضفنا أو طرحنا من قياس من القياسات عدد ثابت مقداره C فإن الوسط الحسابي الجديد يساوي الوسط الحسابي الأصلي مضافا أو مطروحا منه العدد الثابت. وفق العلاقات الآتية:

العلاقة الرياضية	حالة البيانات
$\bar{x}_c = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i \pm c)}{n} = \frac{\sum x_i}{n} \pm \frac{nc}{n} = \bar{x} \pm c$	بيانات مفردة
$\bar{x}_c = \frac{\sum_{i=1}^n n_i (x_i \pm c)}{\sum n_i} = \bar{x} \pm c$	بيانات مرتبة ( غير مبوبة )
$\bar{x}_c = \frac{\sum_{i=1}^n n_i (x'_i \pm c)}{\sum n_i} = \bar{x} \pm c$	بيانات مبوبة

لنعود إلى مثالنا السابق (علامات الطلاب في مقرر الإحصاء

$$c = 10$$

لنأخذ عدداً ثابتاً: يتم البرهان عملياً على ذلك كما في الجدول التالي:

الفئات	التكرار $n_i$	مركز الفئة $x_i^1$	$x_i' + c$ $c = 10$	$n_i (x_i' + c)$
[ 20-10[	6	15	25	150
20-30	14	25	35	490
30-40	26	35	45	1170
40-50	43	45	55	2365
50- 60	51	55	65	3315
60- 70	47	65	75	3325
70- 80	29	75	85	2465
80- 90	27	85	95	2565
[90- 100]	7	95	105	735
$\Sigma$	$\Sigma n_i$ 250	-	-	$\Sigma n^* (x' + c)$ 16780

ومنه يكون الوسط الحسابي الجديدة يساوي:

$$\bar{x}_c = \frac{\sum n_i (x_i' + c)}{\sum n_i} = \frac{16780}{250} = 67.12$$

أي . أي أن الوسط الحسابي الجديد يزيد عن الوسط الأصلي بمقدار العدد الثابت الحسابي الأصلي

$$\bar{x} = \bar{x}_c \mp C = 67.12 - 10 = 57.12$$



خاصة 3 : إذا ضربنا أو قسمنا كل قياس من القياسات بعدد ثابت مقداره C فإن الوسط الحسابي الجديد يساوي حاصل ضرب أو قسمة الوسط الأصلي بالعدد الثابت أي :

العلاقة الرياضية	حالة البيانات
$\bar{x}_c = \frac{\sum \frac{x_i}{c}}{n} = \frac{\frac{1}{c} \sum x_i}{n} = \frac{1}{c} \bar{x}$	حالة بيانات مفردة
$\bar{x}_c = \frac{\sum n_i \left( \frac{x_i}{c} \right)}{\sum n_i} = \frac{1}{c} \bar{x}$	حالة بيانات مرتبة:
$\bar{x}_c = \frac{\sum n_i \left( \frac{x_i}{c} \right)}{\sum n_i} = \frac{\frac{1}{c} \sum x_i' n_i}{\sum n_i} = \frac{1}{c} \bar{x}$	حالة بيانات مبوبة:

لنعود إلى معطيات (علامات الطلاب في مقرر الإحصاء):

الفئات	ni	$x_i'$	$\frac{x_i}{C=5}$	$n_i \left( \frac{x_i}{c} \right)$ القسمة على عدد ثابت	الضرب بعدد ثابت	
					$x_i' . c = 5$	$n_i (x_i' . c)$
10-20	6	15	3	18	75	450
20-30	14	25	5	70	125	1750
30-40	26	35	7	182	175	4550
40-50	43	45	9	387	225	9675
50- 60	51	55	11	561	275	14025
60- 70	47	65	13	611	325	15275
70- 80	24	75	15	435	375	10875
80- 90	27	85	17	459	425	11475
90- 100	7	95	19	133	475	3325
$\Sigma$	250	-		2856		71400

الوسط الحسابي للقياسات الجديدة في حالة القسمة على عدد ثابت:

$$\bar{x}_c = \frac{\sum_{i=1}^n n_i \left( \frac{x_i}{c} \right)}{\sum n_i} = \frac{2856}{250} = 11.424$$

الوسط الحسابي الأصلي يساوي:

$$\bar{x} = \bar{x}_c * c = 11.424 \times 5 = 57.12$$

اما في حالة الضرب بعدد ثابت يكون لدينا:

الوسط الحسابي للقياسات الجديدة:

$$\begin{aligned} \bar{x}_c &= \frac{\sum_{i=1}^n n_i (x_i' \cdot c)}{\sum n_i} \\ &= \frac{71400}{250} = 285.6 \end{aligned}$$

$$\bar{x} = \bar{x}_c * \frac{1}{c} = \frac{\bar{x}_c}{c} = \frac{285.6}{5} = 57.12$$

-خاصة (4): إن مجموع انحرافات القياسات عن وسطها الحسابي يساوي الصفر، ويعبر رياضياً عن ذلك كما يلي:

العلاقة الرياضية	حالة البيانات
$\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) = 0$	*حالة بيانات مفردة:
$\sum_{i=1}^n n_i (x_i - \bar{x}) = 0$	حالة بيانات مرتّبة:
$\sum_{i=1}^n n_i (x_i' - \bar{x}) = 0$	*حالة بيانات مبوّبة:

مثال

لنعود إلى معطيات (علامات الطلاب في مقرر الإحصاء):

الفئات	ni	$x'_i$	$x'_i - \bar{x}$	$n_i (x'_i - \bar{x})$
10-20	6	15	-42.12	-252.72
20-30	14	25	-32.12	-449.68
30-40	26	35	-22.12	-575.12
40-50	43	45	-12.22	-521.16
50- 60	51	55	-2.12	-108.12
60- 70	47	65	7.88	-370.36
70- 80	24	75	17.88	-518.52
80- 90	27	85	27.88	752.76
90- 100	7	95	37.88	256.16
$\Sigma$	250	-		-1906.80 +1906.80 = 0

نلاحظ من خلال هذا الجدول أن.

$$\sum_{i=1}^n n_i (x'_i - \bar{x}) = 0$$

**-خاصة (5):** إن مجموع مربعات انحرافات القياسات عن وسطها الحسابي أصغر من مجموع مربعات انحرافاتهما عن أية قيمة أخرى زيادة ونقصان، ويعبر رياضياً بالعلاقة الآتية:

حالة البيانات	العلاقة الرياضية
حالة بيانات مفردة:	$\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 < \sum_{i=1}^n (x_i - A)^2$
حالة بيانات مرتبة:	$\sum_{i=1}^n ni (x_i - \bar{x})^2 < \sum_{i=1}^n ni (x_i - A)^2$
حالة بيانات مبوبة:	$\sum_{i=1}^n ni (x_i - \bar{x})^2 < \sum_{i=1}^n ni (x'_i - A)^2$

لنعود إلى مثالنا السابق (علامات الطلاب في مقرر الإحصاء بكلية الاقتصاد) كما في الجدول الآتي:

الفئات	التكرار ni	مركز الفئة $x'_i$	الانحرافات عن الوسط $x'_i - \bar{x}$	مربع الانحرافات $(x'_i - \bar{x})^2$	$ni(x'_i - \bar{x})^2$	الانحرافات عن قيمة أخرى		
						$x'_i - A$ A = 45	$(x'_i - A)^2$	$ni(x'_i - A)^2$
10-20	6	15	- 42,12	1774,049	10644,57	- 30	900	5400
20-30	14	25	- 32,12	1031,894	14443,72	- 20	400	5600
30-40	26	35	- 22,12	489,249	12721,65	- 10	100	2600
40-50	43	45	- 12,12	146,944	6316,46	0	0	0
50- 60	51	55	- 2,12	4,494	229,21	+ 10	100	5100
60- 70	47	65	+ 7,88	62,094	2918,44	+ 20	400	18800
70- 80	29	75	+ 17,88	319,694	4271,14	+ 30	900	26100
80- 90	27	85	+ 27,88	777,294	20986,95	+ 40	1600	43200
90-100	7	95	+ 37,88	1434,894	10044,26	+ 50	2500	17500
$\Sigma$	250	-	-	-	87576,40	-	-	124300

ومن الجدول أعلاه نجد أن:

$$\sum_{i=1}^n ni(x_i - \bar{x})^2 < \sum_{i=1}^n ni(x'_i - A)^2$$

$$87576,40 < 124300$$

مجالات تطبيق الوسط الحسابي:

● المجالات التي يلائمها الوسط الحسابي:

- 1- متوسط عدد أفراد الأسرة.
- 2- متوسط علامات الطالب.
- 3- متوسط الهطولات المطرية.
- 4- متوسط درجات الحرارة.
- 5- متوسط دخل الفرد.

● المجالات التي لا يلائمها الوسط الحسابي:

- 1- معدلات النمو السكانية ولاقتصادية
- 2- متوسط سلسلة قياسات ذو توزيع ملّتو
- 3- متوسط الأسعار
- 4- متوسط الأرقام القياسية
- 5- متوسط سرعة الحافلات

## 2- المتوسط الهندسي Mean Geometric $\bar{G}$

يعرف الوسط الهندسي بأنه ناتج الجذر النوني لجداءات القياسات المعلومة. ويعبر عنه رياضياً بالعلاقات التالية:

- لتكن لدينا سلسلة القياسات التالية:  $x_i : x_1, x_2, x_3, x_4, \dots, x_n$

حيث أن  $x_i > 0$ ، فيكون الوسط الهندسي لها يساوي في حالة بيانات مفردة:

حالة البيانات	العلاقة الرياضية
بيانات مفردة - سلسلة بيانات	$\bar{G} = \sqrt[n]{x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \cdot \dots \cdot x_n} = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n x_i}$
للبيانات المرتبة Ungrouped data	$\bar{G} = \sqrt[n]{x_1^{n_1} + x_2^{n_2} + x_3^{n_3} \dots x_n^{n_n}} = \sqrt[n]{\sum_{i=1}^n x_i^{n_i}}$
بيانات مبوبة	$\bar{G} = \sqrt[n]{x_1^{n_1} + x_2^{n_2} + x_3^{n_3} \dots x_n^{n_m}} = \sqrt[n]{\sum_{i=1}^n x_i^{n_i}}$

ونظراً لصعوبة إجراء الحسابات في هذه العلاقات الثلاثة لا سيما إذا كان مجموع البيانات كبيراً نسبياً، فنحصل على  $\log \bar{G}$  إذا فإنه يستعان باللوغاريتمات، حيث نحسب قيم اللوغاريتم ثم نقوم بقلب الوسط الهندسي، وذلك على النحو التالي:

حالة البيانات	العلاقة الرياضية
بيانات مفردة:	$\log \bar{G} = \frac{1}{n} [\log x_1 + \log x_2 + \dots + \log x_i] = \frac{\sum_{i=1}^n \log x_i}{n}$
بيانات مرتبة:	$\log \bar{G} = \frac{1}{\sum n} [n_1 \log x_1 + n_2 \log x_2 + \dots + n_i \log x_n]$ $\log \bar{G} = \frac{1}{\sum n} [n_i \log x_n]$
بيانات مبوبة	$\log \bar{G} = \frac{1}{\sum n} [n_1 \log x'_1 + n_2 \log x'_2 + \dots + n_i \log x'_n]$ $\log \bar{G} = \frac{1}{\sum n} [n_i \log x'_n]$

مثال

لتكن لدينا سلسلة القياسات التالية:

$$x_i = 15 \ 12 \ 18 \ 20 \ 21 \ 35 \ 40$$

$$\bar{G} = \sqrt[7]{15 \times 12 \times 18 \times 20 \times 24 \times 35 \times 40}$$

وبأخذ اللوغاريتم لهذه القياسات نجد أن:

$$\text{Log } \bar{G} = \frac{1}{7} [\text{Log}_{15} + \text{Log}_{18} + \text{Log}_{20} + \text{Log}_{12} + \text{Log}_{21} + \text{Log}_{35} + \text{Log}_{40}]$$

$$= \frac{1}{7} [1.17609 + 1.25527 + 1.30103 + 1.07918 + 1.39794 + 1.54407 + 1.60206]$$

$$\text{Log } \bar{G} = \frac{9.35564}{7} = 1.33652$$

ومنه نجد أن الوسط الهندسي يساوي:

$$\bar{G} = \text{Inti log}(1.33652) = 21.703$$

أما الوسط الحسابي لهذه السلسلة في البيانات فهو يساوي:

$$\bar{G} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{15 + 12 + 18 + 20 + 25 + 15 + 40}{7} = \frac{165}{7} = 23.57$$

من ذلك يتضح بأن الوسط الهندسي لقيم مختلفة موجبة دائماً أصغر من الوسط الحسابي.

- حالة بيانات مبوبة، إذا كانت لدينا سلسلة البيانات التالية حيث أن:
- مثال
- نريد حساب متوسط معدلات تغير أسعار 180 مادة دوائية بالنسبة لأسعارها في العام الماضي، وهي الأسعار النسبية المبينة (في الجدول الآتي) سعر المادة في هذا العام مقسوم على سعرها في العام الماضي معطاة على شكل نسب مئوية ومبوبة في مجالات متجانسة.

مجال الأسعار منسوبة إلى العام الماضي	100-110	110-120	120-130	130-140	140-150	150-160	160-170	170-180
n تكرار أسعار المواد:	5	16	25	40	50	10	8	6

الحل

إن متوسط معدلات تغير الأسعار لهذه المواد تحسب بواسطة الوسط الحسابي (لأنها معلومات نسبية). ولتسهيل الحسابات تنظم في جدول مساعد على النحو التالي:

فئات الأسعار	تكرارات أسعار المواد ni	مركز الفئة $x'_i$	$\log x'_i$	$ni \log x'_i$
100-110	5	105	2.02119	10.106
110-120	16	115	2.0607	32.971
120-130	25	125	2.0464	52.422
130-140	40	135	2.1303	85.213
140-150	50	145	2.1612	108.07
150-160	10	155	2.1403	21.903
160-170	8	165	2.2175	17.74
170-180	6	175	2.2430	13.46
$\Sigma$	160			341.885

$$\text{Log } \bar{G} = \frac{1}{\sum n} [n_i \log x'_i] = \frac{1}{160} [341.885 = 2.13678]$$



$$\bar{G} = \text{anti log}(2.1364) = 137.02$$

وهذا يعني أن مستوى الأسعار في العام الحالي في المتوسط 137.02% في مستواها في العام الماضي أي أن الأسعار ازدادت في المتوسط 37.02% = 137, 02 - 100.

#### \* خواص الوسط الهندسي:

- 1- إن لو غار يتم الوسط الهندسي يتمتع خواص الوسط الحسابي جميعها، ولكن الوسط الهندسي نفسه يتمتع إلا بخاصة الجدار ثابت
- 2- إن الوسط الهندسي يعطي نتيجة أكثر تمثيلاً للقيمة المركزية من غيره عندما تكون بعض القياسات متطرفة نحو اليمين أي في التوزيعات الملتوية نحو اليمين، وهو بالمقابل يعطي قيمة متميزة عندما تكون بعض القياسات متطرفة نحو اليسار أي قيم صغيرة جداً والسبب هو أن الوسط الهندسي يتأثر كثيراً بالقياسات الصغيرة أكثر من تأثره بالقياسات الكبيرة.

#### حالات تطبيق الوسط الهندسي هي:

معدلات النمو الاقتصادية

أسعار الفائدة المركبة المتغيرة

الأرقام القياسية

معدلات التزايد السكاني

مثال

(ليكن لدينا الجدول التالي الذي يبين عدد السكان /مليون نسمة/ خلال عشرة أعوام

الأعوام	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
عدد السكان	8.08	8.40	8.71	8.99	4.30	4.62	10.10	10.42	10.79	11.14

(المصدر المجموعة الإحصائية السورية)

والمطلوب حساب معدل نمو السكان

الحل:

$$Log\bar{G} = \frac{\sum_{i=1}^n \log x_i}{n}$$

ولتسهيل الحسابات تنظم البيانات في الجدول المساعد التالي:

الأعوام	عدد السكان/نسمة	نسبة السكان في السنة السابقة	$Log'x_i$
1974	8.08	-	-
1975	8.40	1.040	0.0170
1976	8.71	1.037	0.01574
1977	8.99	1.032	0.01374
1978	9.30	1.035	0.0149
1979	9.62	1.034	0.01489
1980	10.10	1.050	0.02115
1981	10.42	1.032	0.01355
1982	10.79	1.036	0.01515
1983	11.14	1.032	0.01386
$\Sigma$			$\Sigma \log x = 0.13986113$

$$\text{Log } \bar{G} = \frac{1}{\sum n} [\log x_n] = \frac{1}{9} [0.13986113] = 0.015540125$$

$$\bar{G} = \text{Antilog}(0.015540125) \Rightarrow 1.036430357 - 1 = 0.36430357$$

منه نجد أن الوسط الهندسي يساوي.

ومنه  $k$  نحصل على وسطي نسبة التزايد السنوي والتي نرسم لها بـ  $\bar{x}^g$  ويتقديم العدد واحد من نجد أن:

$$K = 1.03641 - 1 = 0.036$$

$$k = 0.036 \times 100 = 3.6\%$$

نحول العلاقة إلى لوغاريتم فنجد أن:

$$\text{Log}(1+k) = \frac{\text{Log } p_n - \text{Log } p_0}{n}$$

$$\log(1+k) = \frac{\log p_n - \log p_0}{n} = \frac{\log 11.14 - \log 8.08}{9} = \frac{1.04688191 - 0.90741136}{9} = \frac{0.13947383}{9} = 0.015497092$$

$$\text{Antilog}(0.015497092) = 1.03632$$

$$1+k=1.03632$$

$$K=1.03632-1=0.03632$$

$$k=3.632\%$$

2- إذا علمت أن عدد السكان سنة 2020 كان  $P_0 = 24600000$  ومعدل النمو السكاني  $r=0.07004$  اوجد الزمن اللازم لكي يتضاعف عدد السكان أي  $P_n = 49200000$  وذلك بالسنوات ؟

الحل

$$\text{Log } \bar{G} = \frac{\sum \log x}{n}$$

أي

نستخدم اللوغاريتم وفق الاتي

$$\text{Log } \bar{G} = \frac{\sum \log x}{n} = \frac{\sum (\log 102 + \log 1.03 + \log 1.05 + \log 1.07 + \log 1.08 + \log 1.082 + \log 1.084 + \log 1.086 + \log 1.089)}{9} =$$

$$\log \bar{G} = \frac{0.247548476}{9} = 0.027505338$$

ومنه يكون المتوسط الهندسي يساوي

$$ANtilog(0.027505338) = 1.065381958 - 1 = 0.065381958$$

أي ان معدل النمو السكاني 6.5% بمعنى كل 100 نسمة يزداد 7 افراد.

$$n = \frac{\log Pn - \log Po}{\log 1 + r}$$

2- الزمن اللازم ليتضاعف عدد السكان نجد ان

زمنه نجد

$$n = \frac{\log Pn - \log Po}{\log 1 + r} = \frac{\log 49200000 - \log 24600000}{\log 1.065381958} = \frac{0.304546569}{0.027505386} = 10.9444016$$

أي 10 سنة ثم نحول كسر السنة الى أيام أي  $365 \times 0.9444016 = 344.706584$  يوم

اما بالشهر بتقسيم على 30 يوم يساوي 11 شهر أي حوالي 11 سنة

## -الوسط التوافقي Mean Harmonic-

بأنه مقلوب الوسط الحسابي لمقلوبات تلك  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_i$  يعرف الوسط التوافقي لسلسلة بيانات القيم ويعبر عنه رياضياً بالعلاقة التالية:

$$\bar{H} = \frac{1}{\frac{\frac{1}{x_1} + \frac{1}{x_2} + \dots + \frac{1}{x_i}}{n}} = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{x_i}}$$

مثال

اشترى مزارع بذور قمح بـ 100 ليرة من كل من الشركات التالية.

الشركة الأولى كان سعر الكغ من بذور القمح=20 ليرة

الشركة الثانية كان سعر الكغ من بذور القمح=25 ليرة

الشركة الثالثة كان سعر الكغ من بذور القمح=50 ليرة

فما هو متوسط سعر الكغ من بذور القمح؟

الحل:

يحسب متوسط سعر الكغ بطريقة الوسط التوافقي:

$$\bar{H} = \frac{\sum ni}{\sum ni \frac{1}{xi}} = \frac{3}{\frac{1}{20} + \frac{1}{25} + \frac{1}{50}} = \frac{3}{0.11} = 27.27$$

حالة بيانات مبوية:

على  $n_1, n_2, n_3$  تمثل مراكز الفئات في جدول التوزيع التكراري مع تكرارها  $x'_1, x'_2, x'_i$  إذا كانت التوالي. فالوسط التوافقي يساوي.

$$\bar{H} = \frac{\sum ni}{\sum ni \frac{1}{x_i}} = \frac{\sum ni}{\sum \frac{ni}{x_i}}$$

أوجد الوسط التوافقي للبيانات التالية:

الفئات	ni	$x'_i$	$\frac{1}{x'_i}$	$ni \frac{1}{x'_i}$
60-65	5	62.5	0.016	0.08
65-70	18	67.5	0.01481	0.2667
70-75	42	72.5	0.01379	0.57931
75-80	27	77.5	0.01290	0.34839
80-85	8	82.5	0.01212	0.09697
$\Sigma$	100			1.37134

ومنه نجد أن الوسط التوافقي يساوي:

$$\bar{H} = \frac{\sum n_i}{\sum x' \frac{1}{n}} = \frac{100}{1.37134} = 72.92137$$

مؤسسة للنقل الخارجي تملك 25 باص مخصصة لخط دمشق - اللاذقية وخلال إحدى الرحلات كان متوسط السرعة كما يلي:

عدد الحافلات	4	10	6	5
السرعة كم /ساعة	90	80	70	60

المطلوب حساب متوسط السرعات لهذه الباصات

الحل:

إن عدد الباصات يمثل عدد التكرارات، لذلك تستخدم صيغة الوسط التوافقي المثلث بالتكرارات وفق التالي:

$$\bar{H} = \frac{\sum ni}{\sum ni \frac{1}{x_i}} = \frac{25}{\frac{4}{90} + \frac{10}{80} + \frac{6}{70} + \frac{5}{60}}$$

$$\bar{H} = \frac{\sum n_i}{\sum x' \frac{1}{n}} = \frac{25}{0.33849} = 73.857 km / h$$

من أهم مجالات تطبيق الوسط التوافقي هي قيم متوسطة السرعة لعدة حافلات - قيم إنتاجية العامل - قيم إنتاجية العمل بالنسبة إلى الخ... الزمن - قيم أسعار الجملة لسلعة ما - نصيب الفرد من المساحة السكنية في إقليم ما

مثال

احسب متوسط أجرة العامل اليومية للمجموعات الخمسة المبينة في الجدول الآتي.

المجموعة	ل. س عامل xi الأجرة اليومية	ل. س إجمالي أجور المجموعة في اليوم
A	80	840
B	140	5600
C	125	3800
D	130	2500
E	90	1600
$\Sigma$	-	14340

الحل: لحساب متوسط الأجر نجد أن:

$$xi = \frac{ki}{ni} \quad \text{حيث } ki \text{ أجور المجموعة}$$

$$= \frac{\text{أجور المجموعة}}{\text{عدد عمال المجموعة}} = \text{الأجر اليومي}$$

وبذلك نجد أن: ki مجهول) إذن تطبق الوسط التوافقي المتشكل بـ ni وبما أن عدد العمال مجهول في كل مجموعة (المقام

$$\bar{H} = \frac{\sum ni}{\sum ni \frac{1}{xi}} = \frac{14340}{\frac{840}{80} + \frac{5600}{140} + \frac{3800}{125} + \frac{2500}{130} + \frac{1600}{90}}$$

$$\bar{H} = \frac{\sum n_i}{\sum x' \frac{1}{n}} = \frac{14340}{117.9086} = 121.62 \approx 122 Ls$$

د

نفترض إن إنتاجية العمل في ستة شركات متخصصة في إنتاج أدوات متخصصة في معالجة الاسنان ما مع كميات الإنتاج فيها كما هو موضح في الجدول الآتي:

الشركة	كمية المنتجات خلال شهر /قطعة/ $Q_i$	ساعة/ إنتاجية العمل $x_i$
A	4500	25
B	3800	12
C	5100	10
D	2300	8
E	1800	15
F	1400	9
$\Sigma$ المجموع	18900	

المطلوب:

حساب متوسط إنتاجية العمل ثم متوسط الزمن اللازم لإنتاج القطعة الواحدة من هذه المنتجات.

الحل:

نلاحظ أن إنتاجية العمل بالنسبة للزمن:

$$x_i = \frac{Q_i}{t_i} = \frac{\text{الكمية المنتجة}}{\text{الزمن الكلي}}$$

لحساب متوسط إنتاجية العمل لهذه الشركات،  $Q_i$  مجهول إذن علينا أن نطبق الوسط التوافقي بالكميات  $t_i$  وبما أن الزمن وبذلك نجد أن:

$$\bar{H} = \frac{\Sigma Q_i}{\Sigma Q_i \left( \frac{1}{x_i} \right)} = \frac{18900}{\frac{4500}{25} + \frac{3800}{12} + \frac{5100}{10} + \frac{2300}{8} + \frac{1800}{15} + \frac{1400}{9}} = \frac{18900}{1569,722} = 12,04053 \text{ قطعة/ساعة}$$

تساوي:  $Y_i$  - حساب متوسط الزمن اللازم لإنتاج القطعة الواحدة. فإننا نلاحظ أن هذا الزمن في الشركات

$$Y_i = \frac{t_i}{Q_i}$$

تطبيق العلاقة التالية:  $Y_i$  معروفة، إذن لحساب الزمن  $Q_i$  مجهول إذن وأن  $t_i$  وبما أن

$$\bar{x} = \frac{\sum t_i x_i}{\sum t_i} = \bar{Y} = \frac{\sum Q_i y_i}{\sum Q_i}$$

فإن العلاقة  $Y_i = \frac{t_i}{Q_i} = \frac{1}{x_i}$  وبما أن  $Q_i$  بالكميات  $Y_i$  وهي عبارة عن الوسط الحسابي المثلث لـ  $Q_i$  بـ  $t_i$  حيث استبدل السابقة صحيحة.

$$\bar{Y} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i \frac{1}{x_i}}{\sum Q_i} = \frac{1}{H} = \frac{1}{12,04035} = 0,08305 \text{ ساعة/ قطعة.}$$

ويمكن  $0.08305 \times 60 = 4.98$  وهو متوسط الزمن اللازم لإنتاج قطعة واحدة من المنتجات وهو يعادل (4.98) دقيقة أي التحقق من صحة الحسابات. وذلك بحساب الأزمنة المستغلة في كل من الشركات الست وهي تساوي: 180 ، 316.67 ، 510 ، 287.5 ، 120 ، 155.56 ومجموعها يساوي 1564.70 ساعة.

- وبحساب جداء متوسط الإنتاجية في الساعة بعدد الساعات نحصل على الكميات الإجمالية:  
 $1569,72 \times 12,04035 = 18900$

1- إذا علمت أن  $\sum \log x = 282.6342$  و مجموع التكرارات  $\sum f = 160$  و مجموع  $\sum f x' = 9990$  أوجد مايلي : المتوسط الحسابي - المتوسط الهندسي - المتوسط التوافقي بدلالة المتوسطين الحسابي والهندسي

$$\bar{X} = \frac{\sum f * x'}{\sum f} = \frac{9990}{160} = 62.4375$$

$$\log \bar{G} = \frac{\sum f * \log x'}{\sum f} = \frac{282.6342}{160} = 1.76646375$$

$$\bar{G} = \text{Anti log}(1.76646375) = 58.40684536$$

$$\bar{H} = \frac{\bar{G}}{\bar{X}} = \frac{58.40684536}{62.4375} = \frac{3411.360547}{62.4375} = 54.6340$$

نهاية المحاضرة  
مع تمنياتي بالتوفيق والنجاح