

الجمهورية العربية السورية

المعهد العالي للعلوم التطبيقية والتكنولوجيا

قسم الاتصالات – النظم الالكترونية

سنة رابعة

معالجة إشارة عشوائية

## تحصيل إشارة عشوائية من حساس حرارة وتقدير لقيمة حرارة غرفة

تقديم:

علي غريب خضر، زيد ناصر، لونا سلامة

إشراف:

م. ضياء داؤود

د. علي كاظم

11/3/2022

## جدول المحتويات

4	1- الهدف من المشروع:
4	2- مستلزمات المشروع:
5	3- التعريف بالتجهيزات المستخدمة:
5	1.3- بطاقة ARDUINO UNO
6	2.3- حساس الحرارة LM335
7	4- خطوات تنفيذ المشروع:
7	1.4- توصيل الدارة
7	2.4- تحصيل درجة الحرارة ضمن بيئة ARDUINO IDE
8	3.4- عرض الإشارات ضمن MATLAB
10	5.4- تقدير القيم بطريقة EMUVE
14	6.4- التقدير بطريقة SLSE:
16	6.4- دراسة ضجيج القياس وتقريب توزيعه:

## جدول الأشكال

6	.....	1 FIGURE	بطاقة ARDUINO UNO
6	.....	2 FIGURE	حساس LM335
7	.....	3 FIGURE	الدرة العملية لتوصيل الحساس ببطاقة ARDUINO UNO
9	.....	4 FIGURE	قيمة الفولط المقاسة من خلال الحساس خلال 15 ثانية
9	.....	5 FIGURE	درجة الحرارة المقاسة من خلال الحساس خلال 15 ثانية
11	.....	6 FIGURE	قيم المقدّر من أجل فترات زمنية مختلفة
12	.....	7 FIGURE	قيم تشتت المقدّر من أجل فترات زمنية مختلفة
13	.....	8 FIGURE	قيم المقدّر من أجل فترات زمنية مختلفة
13	.....	9 FIGURE	قيم تشتت المقدّر من أجل فترات زمنية متقلّبة
15	.....	10 FIGURE	تقدير قيمة الفولط الموافقة لدرجة الحرارة بطريقة SLSE
15	.....	11 FIGURE	حساب تابع الكلفة لطريقة SLSE

## 1- الهدف من المشروع:

بعد أن تم تحصيل إشارة عشوائية عملياً باستخدام حساس حرارة و بطاقة Arduino، ودراسة استقرارها وخصائصها الزمنية والإحصائية خلال الفصل السابق نتابع في هذا الفصل بتقدير حرارة غرفة اعتماداً على إشارة حساس الحرارة المحصلة وذلك بعدة طرق للتقدير (SLSE, Wiener, MVUE)، من ثم دراسة تشتت هذا المقدّر.

## 2- مستلزمات المشروع:

وتقسم إلى:

### • عتادية (HARDWARE):

1 - Arduino UNO

2- حسّاس حرارة LM335

3- مقاومة أومية.

4- أسلاك توصيل.

5-board

### • برمجية (SOFTWARE):

1 - ARDUINO IDE.

2- برنامج MATLAB

### 3- التعريف بالتجهيزات المستخدمة:

#### 1.3- بطاقة Arduino UNO:

هو معالج صغوي يُستخدم بصورة أساسية في تصميم المشريع التفاعلية أو المشريع التي تستهدف بناء حساسات بيئية مختلفة كدرجات الحرارة، الضغط، وغيرها.

يتم تجهيز المعالج بمجموعات من منافذ الدخل/الخروج الرقمية والتماثلية A/D التي يمكن توصيلها مع الدارات الأخرى.

كما هو موضح في الشكل 1-، تتألف بطاقة Arduino UNO من:

1. منافذ (pins): وهي نوعين كما ذكرنا، 14 رقمية و 6 تماثلية، حيث أن المنافذ الرقمية يمكنها قراءة وكتابة حاله

واحدة (on/off) في حين أن التماثلية يمكنها قراءة مجموعة من القيم.

2. مداخل ومخرج الطاقة الكهربائية:

a. **Vin**: عندما نستخدم مصدر طاقة خارجي، يمكننا تأمين الجهد من هذا المدخل.

b. **3.3 V**: مصدر للجهد بقيمة 3.3volt من الأردوينو وأقصى قيمة لسحب التيار من خلال هذا الخط

هي 50mA

c. **5 V**: مصدر للجهد يستخدم لتوفير الطاقة للقطع الإلكترونية التي ستضيفها، ويمكن تأمينه من خلال

منفذ ال (USB) أو أي مصدر جهد منظم 5volt

d. **GND**: الأرضي.

3. المتحكم Microcontroller: ويمثل الشريحة الأساسية التي تسمح لك ببرمجة البطاقة حتى تتمكن من معالجة

مختلف الإشارات على المداخل وربطها بالمخرج.

4. الموصل التسلسلي serial connector: عبارة عن مدخل (USB)، يتيح لك هذا المدخل الاتصال بالبطاقة من

جهاز الكمبيوتر، وتحميل برامج جديدة على الجهاز. يمكن أيضاً تشغيل البطاقة من خلال منفذ (USB)، مما

يلغي الحاجة إلى مصدر طاقة منفصل.

5. مجموعة متنوعة من المكونات الصغيرة الأخرى: مثل منظم الجهد (Voltage Regulator) و (oscillator)، والتي

توفر إمكانيات مهمة للبطاقة.

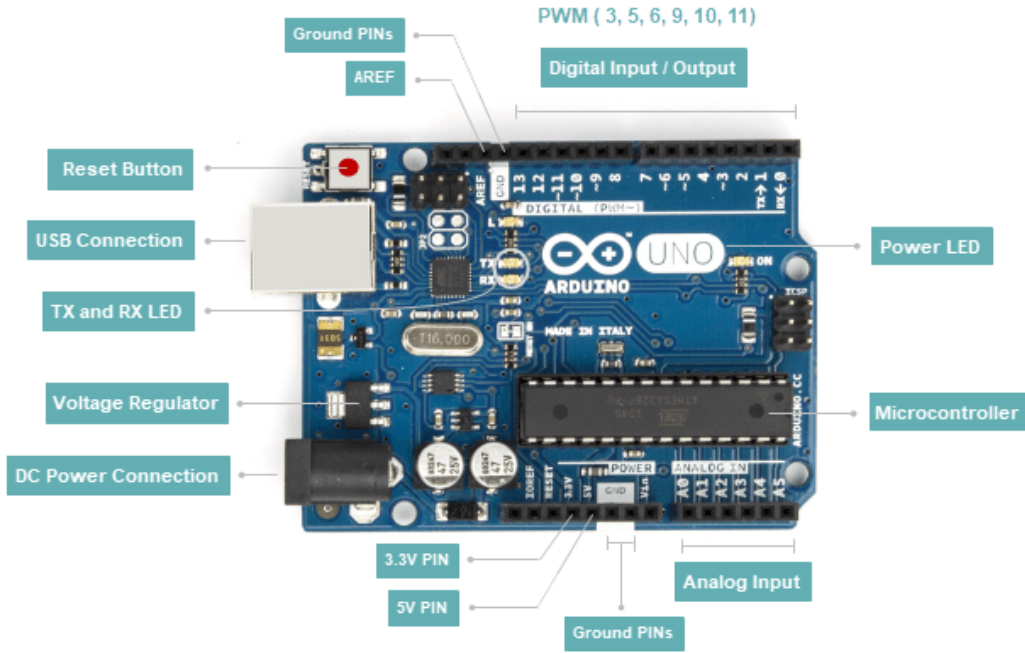


Figure 1 بطاقة Arduino UNO

أما لبرمجة البطاقة، فنتم باستخدام لغة (Arduino C) عن طريق برنامج (Arduino IDE)، وهي لغة برمجة تشبه لغة C وتعتبر من أسهل لغات البرمجة المستخدمة في كتابة برامج المتحكمات الصغرى.

## 2.3- حسّاس الحرارة LM335:

هو حسّاس حرارة صغري ذو ثلاثة أرجل (الأرضي، الخرج، معايرة) يعطي على خرجه جهد يتعلّق بدرجة الحرارة الخارجية. كل تغيير بدرجة الحرارة بمقدار واحد كلفن يعادل 10mv، ويعطي نتائج جيدة نسبياً ضمن ظروف حرارة من  $-60^{\circ}\text{C}$  حتى  $150^{\circ}\text{C}$ .



Figure 2 حسّاس LM335

## 4- خطوات تنفيذ المشروع:

### 1.4- توصيل الدارة

في المرحلة الأولى قمنا بتوصيل الدارة الموضحة بالشكل المرفق:

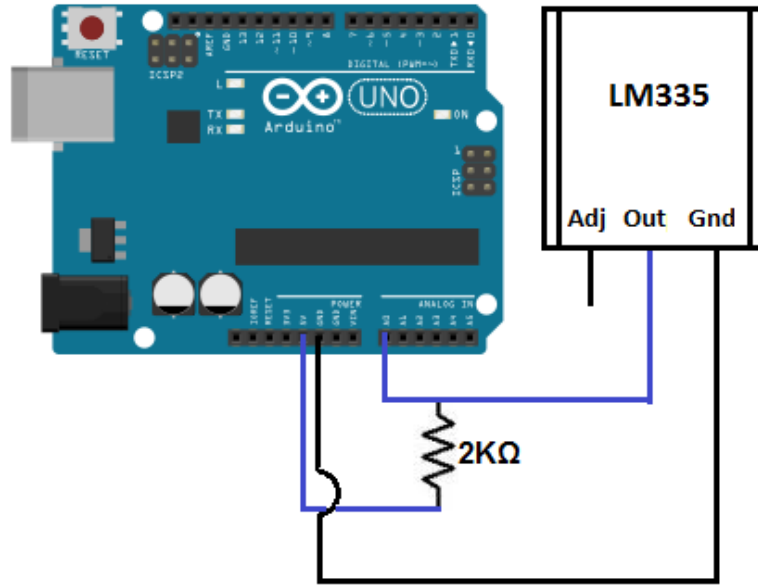


Figure 3 الدارة العملية لتوصيل الحساس ببطاقة Arduino UNO

### 2.4- تحصيل درجة الحرارة ضمن بيئة Arduino IDE

في البداية تجدر الإشارة إلى أن بطاقة Arduino تستخدم مبدل تماثلي رقمي بـ 10 بتات تكمية، وبالتالي يوجد لدينا 1024 مستوى لتكمية القيم بين 0 و 5 فولط. لذلك، قمنا بداية بتحويل مستوى التكمية ضمن البطاقة إلى قيمة الجهد الموافق من خلال الضرب بالمعامل (5/1024). بالتالي بتحصيل إشارة الحساس نحصل على قيمة جهد توافق درجة الحرارة بتقييس معطى بالعلاقة:

Equation 1

$$T \text{ (kelvin)} = V_{in} * \frac{1000}{10} = V_{in} * 100$$

وبالتحويل إلى سيلسيوس:

$$T(celecious) = T(kelvin) - 273.15$$

#### • الدراسة المرجعية:

بالدراسة المرجعية وجدنا أنه تبعاً للأعمال المشابهة والدراسات التي تركز على مشرّع ضمن نفس السياق العام لمشروعنا، أنه يمكن نمذجة السيرورة العشوائية المدروسة من خرج الحساس LM335 بالشكل:

$$x[n] = V + w[n]$$

حيث تمثل  $V$  قيمة الجهد الموافق لدرجة الحرارة الحالية وهي الإشارة المفيدة، و  $w[n]$  عبارة عن ضجيج غوسي بتشتت  $\sigma^2$  ومتوسط صفري. نلاحظ بهذه الحالة أنه إذا تم تقييس قيم إشارة الحساس  $x$  وفق العلاقة (Equation 1) لنحصل على الحرارة فإن الإشارة ستصبح بالشكل:

$$tem[n] = TEM + w_{tem}[n]$$

بالتالي التقييس سيغير قيم الضجيج "سيجعلها أكبر بـ 100 مرة" لذا تم بكود الـ MATLAB تحصيل الإشارة  $x$  وتطبيق خوارزميات التقدير المختلفة لتقدير  $V$  من ثم إيجاد TEM. لتجنب التعامل مع الضجيج المقيس.

### 3.4- عرض الإشارات ضمن MATLAB

بعد اختبارنا للدالة ضمن بيئة Arduino IDE، قمنا بربط البطاقة بالـ MATLAB كونه يتيح لنا إمكانية عرض الإشارة ومعالجتها بسهولة.

ضمن MATLAB، قمنا بتحصيل 10 تحقيقات للحساس، وعرضنا تحقيقاً منها، فحصلنا على الأشكال 4- و 5-. يوضح الشكل 4- قيمة الجهد الموافقة لدرجة الحرارة المقاسة على الحساس الأول لمدة 15 ثانية. نلاحظ من الشكل أن قيمة الفولط تتأرجح حول 2.9 volt بهامش بسيط، نعيه إلى دقة الحساس وحساسيته، ولوحة التوصيل والقطع المستخدمة.

بينما يوضح الشكل 5- درجة الحرارة المقاسة بتطبيق التحويل بالعلاقيتين (Equation 1) و (Equation 2) لمدة 15 ثوانٍ. ونلاحظ من الشكل أن درجة الحرارة تتأرجح حول 16.62° بهامش بسيط أيضاً.



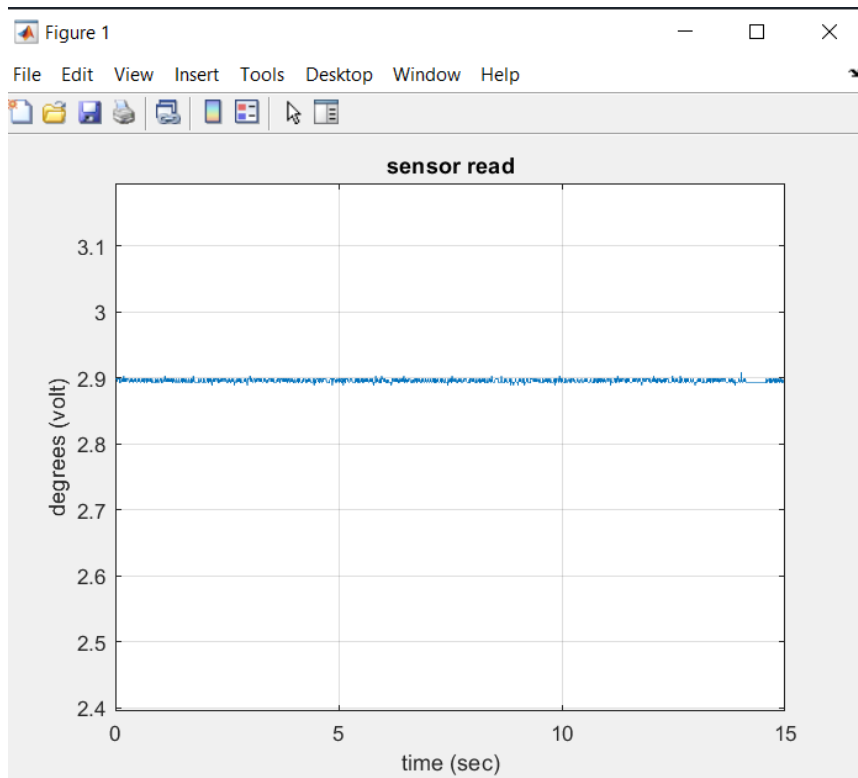


Figure 4 قيمة الفولط المقاسة من خلال الحساس خلال 15 ثانية.

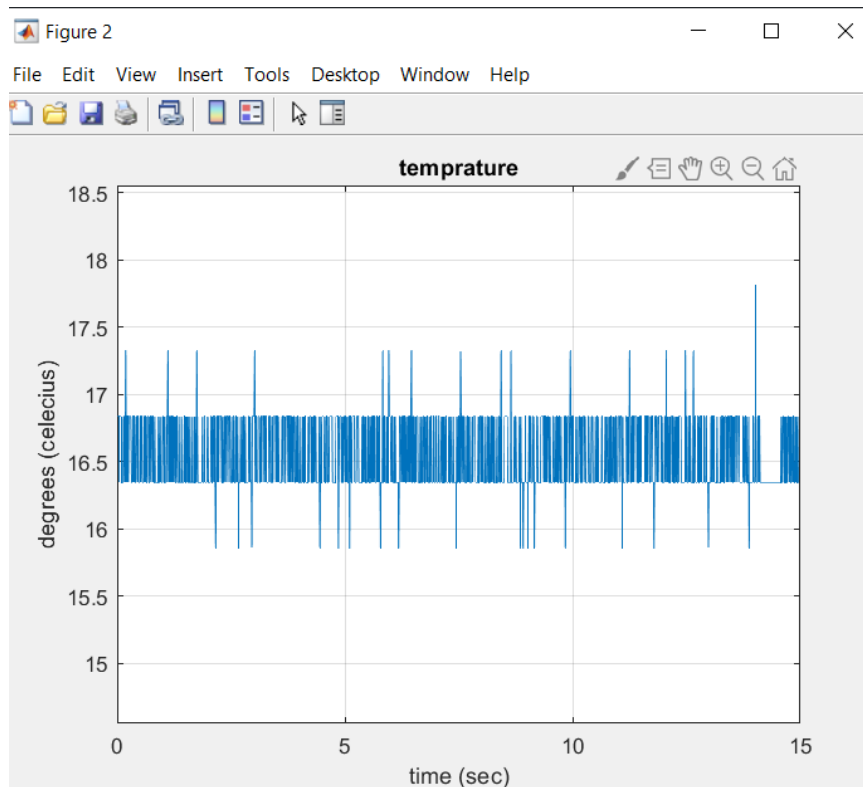


Figure 5 درجة الحرارة المقاسة من خلال الحساس خلال 15 ثانية.

## 5.4- تقدير القيم بطريقة MUVE

### • الدراسة النظرية

لدينا الإشارة المعروفة بالعلاقة:

$$x[n] = V + w[n] \quad w \sim \mathcal{N}(0, \sigma^2)$$

$$P(x, V) = \left( \frac{1}{2\pi\sigma^2} \right)^{\frac{N}{2}} \exp \left( -\frac{1}{2\sigma^2} \sum_{n=0}^{N-1} (x[n] - V)^2 \right)$$

$$L(V) = -\frac{N}{2} \ln(2\pi\sigma^2) - \frac{1}{2\sigma^2} \sum_{i=0}^{N-1} (x[n] - V)^2$$

$$\frac{\partial L(V)}{\partial V} = \frac{1}{\sigma^2} \sum_{n=0}^{N-1} (x[n] - V)$$

التحقق من شرط الانتظامية:

$$E \left( \frac{\partial L(V)}{\partial V} \right) = \frac{1}{\sigma^2} \sum_{n=0}^{N-1} E(x[n] - V) = \frac{1}{\sigma^2} \sum_{n=0}^{N-1} E(x[n]) - V = 0$$

شرط الانتظامية محقق وإن وجد مقدر له تشتت أصغري فهو غير منحاز.

$$\frac{\partial^2 L(V)}{\partial V^2} = \frac{-1}{\sigma^2} \sum_{n=0}^{N-1} 1 = -\frac{N}{\sigma^2}$$

$$I(V) = -E \left( \frac{\partial^2 L(V)}{\partial V^2} \right) = \frac{N}{\sigma^2}$$

3 Equation

$$CRLB_A = \frac{\sigma^2}{N}$$

$$\frac{\partial L(V)}{\partial V} = I(V)(g(X) - V) = \frac{N}{\sigma^2} \left( \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x[n] - V \right)$$

4 Equation

$$\hat{V} = \bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x[n]$$

## • التطبيق في MATLAB

تم دراسة أثر زيادة عدد العينات على دقة التقدير حيث تم أخذ عدة عينات بأطوال مجالات زمنية مختلفة [15, 30, 45, ..., 180] ولكل تجربة زمنية تم تقدير الجهد الحساس الموافق للدرجة حرارة الغرفة بأخذ المتوسط الزمني للعينات أي بتطبيق العلاقة (Equation 4) من ثم أخذ متوسط 10 تحقيقات لهذا المقدّر حيث أننا نعلم من الدراسة النظرية أنه مقدّر غير منحاز:  $E(\hat{V}) = V$ .

بالتطبيق العملي كانت النتائج موضحة كالآتي:

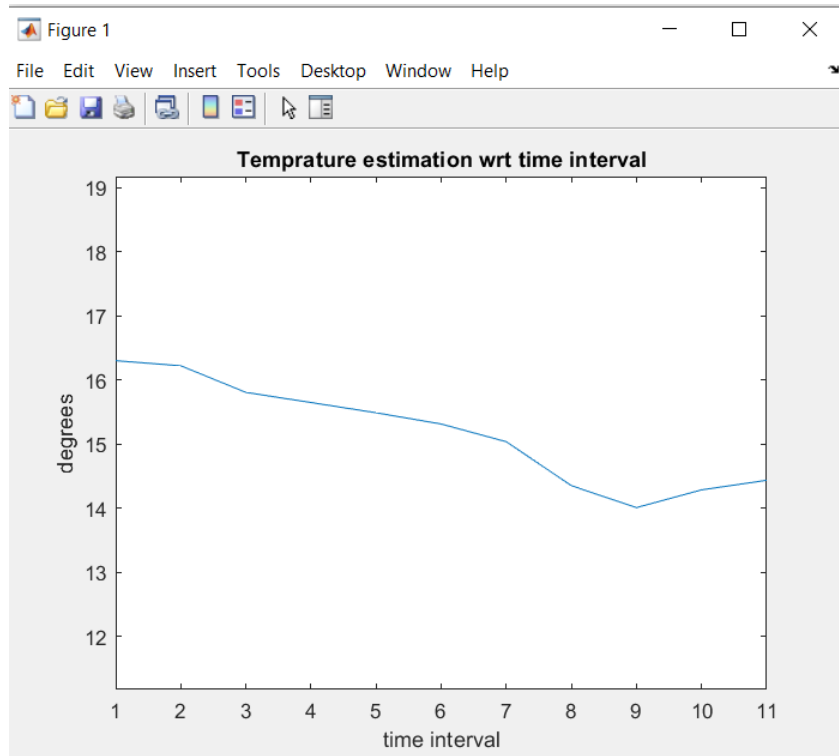


Figure 6 قيم المقدّر من أجل فترات زمنية مختلفة

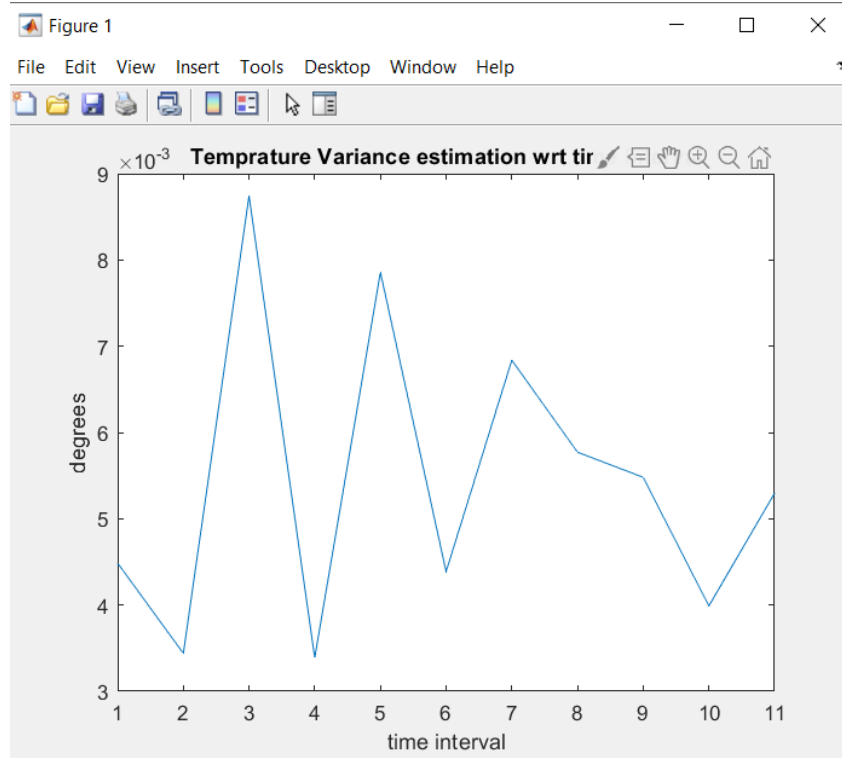


Figure 7 قيم تشتت المقدّر من أجل فترات زمنية مختلفة

نجد من قيم التشتت في الشكل -7- أن تشتت المقدّر متغير من أجل مجالات زمنية مختلفة مع أننا نتوقع تناقصه مع إزدیاد طول المجالات الزمنية وذلك من الدراسة النظرية لكن نلاحظ أن قيم الحرارة في الشكل -6- قد اختلفت حيث تم أخذ قيم لمدة 3 ساعات. بالتالي إن تشتت الإشارة الذي تم رسمه بهذه الحالة هو عبلة عن تشتت الضجيج  $W$  وتشتت الإشارة المفيدة  $V$ ، حيث أن قيمة الحرارة لم تعد قيمة ثابتة بهذه الحالة.

لذا تم أخذ مجالات زمنية أصغر لمدة نصف ساعة بحيث نضمن ثبات درجة الحرارة خلالها أي ثبات القيمة المقدرة. وكانت النتائج موضحة كما في الشكل -8- حيث نلاحظ انخفاض لقيم التشتت بشكل واضح مع إزدیاد عدد العينات وهذا يوافق ما توصلنا إليه في الدراسة النظرية من (Equation 3)

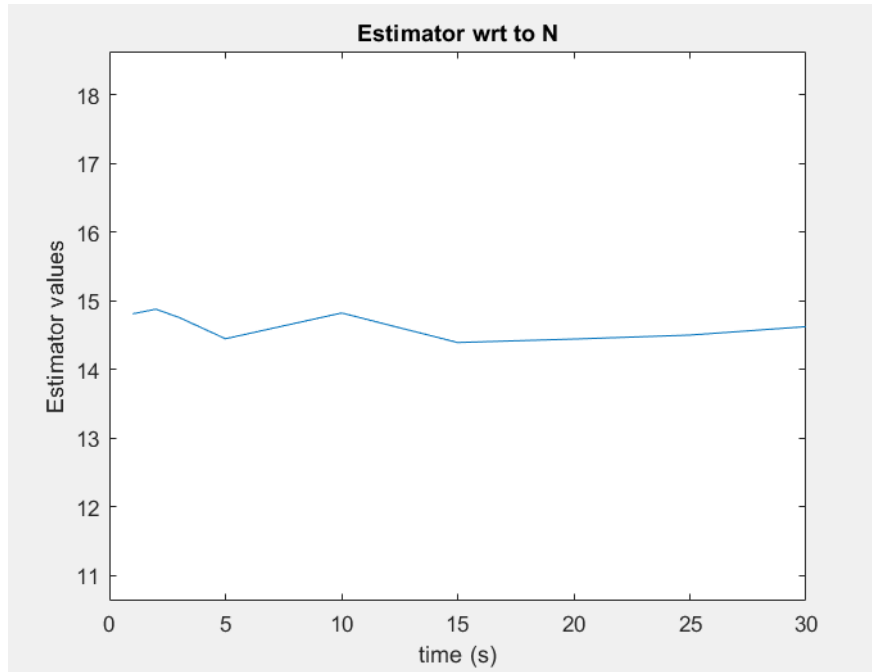


Figure 8 قيم المقدّر من أجل فترات زمنية مختلفة

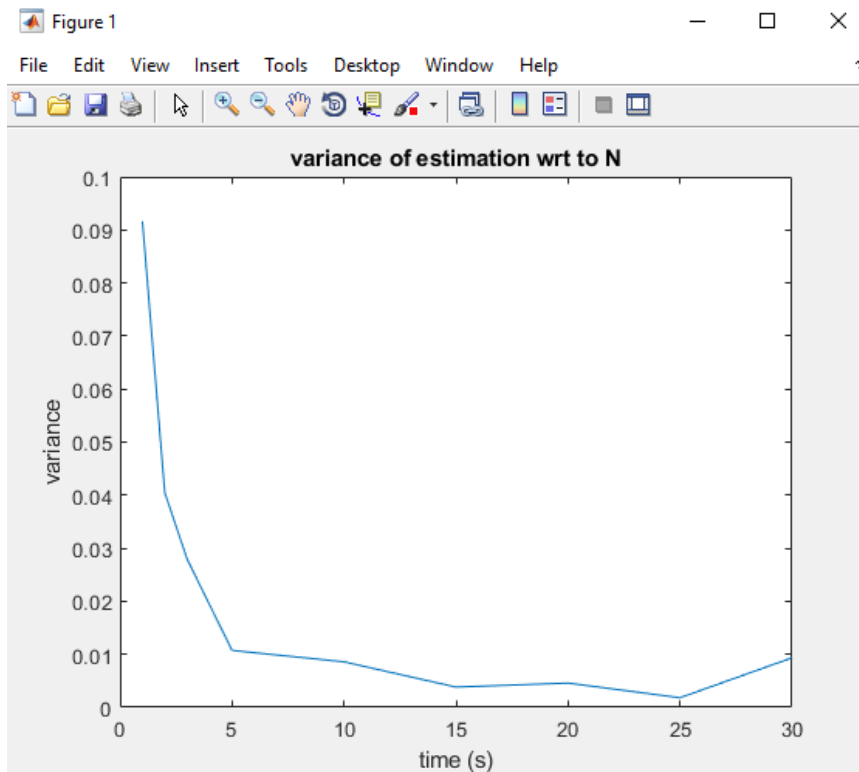


Figure 9 قيم تشتت المقدّر من أجل فترات زمنية متقلبة

#### 6.4- التقدير بطريقة SLSE

- إن تقدير  $\hat{V}$  بطريقة LS لقيمة DC يعطى بالشكل:

$$\hat{V}[N] = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x[n]$$

لدينا بحالة ورود قياس جديد:

$$\begin{aligned} \hat{V}[N+1] &= \frac{1}{N+1} \sum_{n=0}^N x[n] = \frac{1}{1+N} \left\{ N \left[ \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x[n] \right] + x[N] \right\} \\ &= \frac{N}{1+N} \hat{V}[N-1] + \frac{1}{1+N} x[N] \end{aligned}$$

5 Equation

$$= \hat{V}[N] + \frac{1}{1+N} (x[N] - \hat{V}[N])$$

*New Estimate = Old Estimate + gain × Prediction Error*

- حساب تابع الكلفة الأصغري:

$$J_{min}[N] = \sum_{n=0}^{N-1} (x[n] - \hat{V}[N])^2$$

لدينا بحالة ورود قياس جديد يتغير تابع الكلفة ليصبح:

$$J_{min}[N+1] = \sum_{n=0}^{N-1} \left[ x[n] - \hat{V}[N] - \frac{1}{1+N} (x[N] - \hat{V}[N]) \right]^2 + (x[N] - \hat{V}[N+1])^2$$

6 Equation

$$= J_{min}[N] + \frac{N}{N+1} (x[N] - \hat{V}[N])^2$$

- التطبيق في MATLAB:

تم في *MATLAB* تصميم الخوارزمية بحيث تعمل بالزمن الحقيقي بحيث عرفنا القيم الابتدائية لكل من قيمة المقدر ولتابع الكلفة فوضعنا قيمة المقدر الابتدائية هي قيمة أول قياس تم أخذه وبالتالي قيمة تابع الكلفة الابتدائي هي 0

$$\hat{V}[1] = x[0]$$

$$J_{min}[1] = (x[0] - \hat{V}[1])^2 = 0$$

وطبقنا حلقة تكرارية لأخذ قياسات جديدة بحيث تم حساب القيم الجديدة ل  $\hat{V}$  و  $J_{min}$  لكل قياس جديد يرد إلى النظام

وفق العلاقات (Equation 5) و (Equation 6). فكانت النتائج كما في الشكلين 9- و 10-:

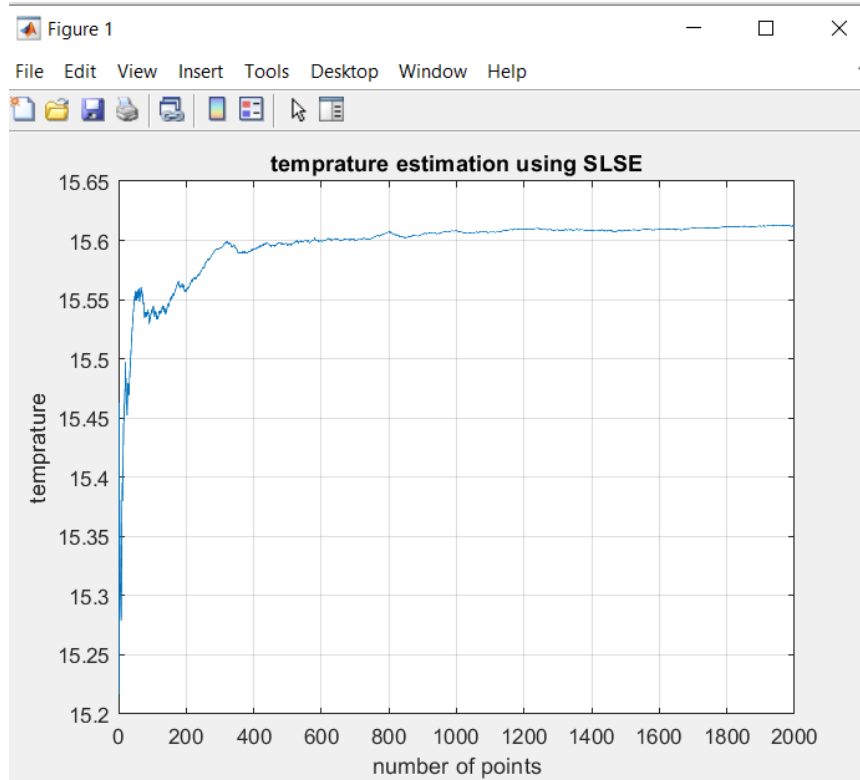


Figure 10 تقدير قيمة الفولط الموافقة للدرجة الحرارة بطريقة SLSE

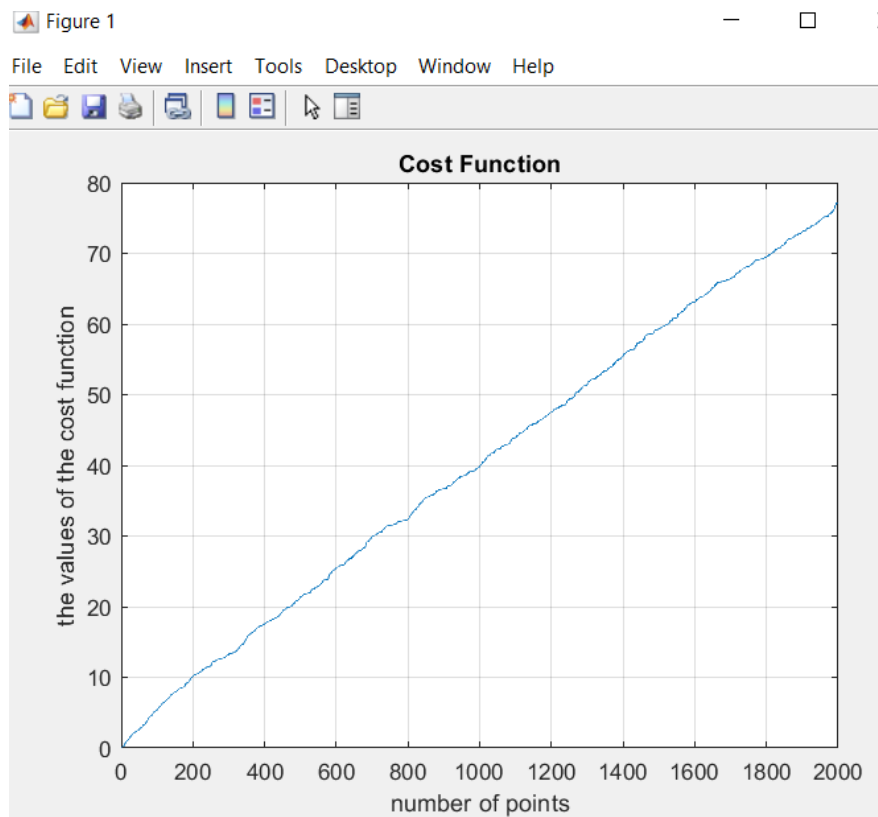


Figure 11 حساب تابع الكلفة لطريقة SLSE

تعليقاً على الأشكال السابقة نلاحظ استقراراً لقيم المقدّر بعد حوالي 1400 قياس حول قيمة الحرارة الحقيقية للغرفة (15°) كما نلاحظ زياداً لتابع الكلفة مع زياد القياسات.

#### 6.4- دراسة ضجيج القياس وتقريب توزيعه:

بعد أن تم تقدير درجة الحرارة وحساب تشتت هذا المقدّر تم تقدير تشتت الضجيج. حيث نعلم أن تشتت المقدّر يُعطى بالعلاقة:

$$\text{var}(\hat{A}) = \frac{\sigma^2}{N}$$

وبالتالي من معرفتنا بقيم تشتت المقدّر وعدد النقاط في كل قياس نستطيع حساب  $\sigma^2$  وبالتالي تم حساب  $\sigma^2$  لكل قياس وأخذ متوسط القيم وبالتالي حصلنا على تقدير لتشتت الضجيج.

القيمة المقدرة لتشتت الضجيج:  $\hat{\sigma}^2 = 6.9622$

لدراسة الخطأ بين نموذج الضجيج وبين الضجيج الحقيقي تم توليد سيرورة من قيم درجات الحرارة المضججة على MATLAB بالشكل التالي:

$$x[n] = A + w[n]$$

حيث  $A$  هي قيمة درجة الحرارة.  $w[n]$  ضجيج أبيض غوسي.

وتم أخذ متوسط الخطأ التربيعي بين القيم التي تم توليدها وبين القيم التي تم قياسها. وكانت قيمة الخطأ من أجل القياس

على 30 ثانية:  $\text{error} = 1.3$

نلاحظ أن قيمة الخطأ ملحوظة وبعيداً عن الدقة الحساس ومحدودية مجال القياس وكذلك النموذج المثالي للضجيج.



ملاحظة: تم إرفاق ملف الكود الخاص بالعمليات البرمجية ومعلومات إضافية عن الحساس الذي تم استخدامه في تجربتنا.  
كذلك جداول تحوي القيم التجريبية التي حصلنا عليها.