

Received	2025/11/28	تم استلام الورقة العلمية في
Accepted	2025/12/24	تم قبول الورقة العلمية في
Published	2025/12/25	تم نشر الورقة العلمية في

## توقعات الطلب المستقبلي على الطاقة الكهربائية ودراسة الأثر المتوقع لتحسين كفاءة استخدام الطاقة على الطلب خلال 2025-2040م

صبحية علي الرجبي<sup>1</sup>، رجب علي بن الحاج<sup>1</sup>، سميرة محمد الكوني<sup>1</sup>.

1\_ قسم الكهربائية والإلكترونية، المعهد العالي للعلوم والتقنية، الزاوية، ليبيا.

Email: [Sobhiaalil@gmail.com](mailto:Sobhiaalil@gmail.com)

### الملخص:

نتيجة الطلب المتسارع و المتزايد على الطاقة الكهربائية و خاصة في الدول النامية و الاقتصادات الصاعدة، و هذا يعكس مدى التطور الاقتصادي و النمو الصناعي، فمقابل هذا يكون هناك طلب متسارع و متزايد على الطاقة الكهربائية، و هذه الزيادة تحتاج إلى تكاليف عالية لإنتاج الكهرباء و هذا ما أدى إلى دراسة توقعات الطلب على الطاقة الكهربائية و الطلب الأقصى، و من أهم الدراسات أيضا التي تؤخذ بعين الاعتبار هي تحسين استخدام الطاقة الكهربائية و تعتبر من أولويات جداول صانعي القرار، و هذا بدوره ينعكس على استقرار الطلب على الطاقة و يحافظ على موارد الطاقة، و توفير الاحتياجات المتزايدة دون إلحاق الضرر بالمستخدمين، و تحقيق مردود اقتصادي كبير و المحافظة على البيئة.

وامتدت فترة هذه الدراسة من عام 2025م إلى 2040م، وفيها تم حساب توقعات الطاقة المنتجة و الطلب الأقصى باستخدام فرضين؛ الأول: استمرار النمط الاعتيادي لاستهلاك الطاقة (السيناريو الطاقوي الأول)، والفرض الثاني: باستخدام سياسات ترشيد استهلاك الطاقة (السيناريو الطاقوي الثاني)، وهذا بالاعتماد على البيانات الديموغرافية والاقتصادية والكهربائية السابقة (التاريخية) التي تم جمعها. ومن خلال نتائج توقعات الطلب على الطاقة للسنوات (2025 - 2040م) باستخدام الطريقة الديموغرافية كانت اقل من السنوات التي قبلها لبيانات الحمل الأقصى للسنوات الماضية.

**الكلمات المفتاحية:** كفاءة استخدام الطاقة، الطلب على الطاقة، تأثير الترشيح على الطاقة.

## Forecasting Future Electrical Power Demand Expected and Study the Impact of Energy Efficiency Improvements on Demand Between (2025-2040)

Sobhia Ali Alrejebi<sup>1\*</sup>, Rajab Ali Benalhaj<sup>1</sup>, Sameerah Mohammed  
Alkouni<sup>1</sup>.

1\_Department of Electronic Engineering, Zawia Higher Institute of  
Science and Technogy, Zawia, Libya.

### Abstract:

As per the growing demand on electrical power especially in the development countries and thriving economical, this indicating the evolving economy and the industrial growing which is the leading factor regarding this demand.

Since such demand requires an additional cost in terms of electrical power generation making the studies of the expected costs and their maximum value is a must. In addition to the power demand, improving the way that electrical power is being consumed is a priority and considered an essential factor for the decision makers, Which in return reflects on the stability of demands and preserves the available power sources without causing any substantial harms to consumer nor environment.

The study was conducted from 2025 to 2040 Analyzing the expected power production and maximum power consumption using two theories:

The continuation of the normal power consumption pattern (the first scenario). The utilization of the energy conservation policies (the second scenario), which relies on the demographic, economic and electrical previous collected data. Based on the results of energy demand forecasts for the years (2025-2040 AD) using the demographic method, the peak load data for previous years was lower than in previous years.

**Keywords:** Energy efficiency, energy demand, impact of energy conservation.

### المقدمة:

للتنبؤ بالطلب أهمية كبرى لكافة مؤسسات وشركات الكهرباء، فهو الخطوة الأولى لتخطيط المنظومات الكهربائية من حيث إعداد الدراسات المتعلقة بخطط التوسع في بناء

وحدات التوليد الكهربائية الجديدة وخطوط النقل والتوزيع، وإعداد الخطط المؤسسية والدراسات المالية والاقتصادية، وأيضاً يمثل أهمية كبرى لعمليات التشغيل الفعال للمنظومة الكهربائية، ... الخ، ومن الدراسات السابقة، الدراسة [8]، طُبقت ثلاثة نماذج اقتصادية قياسية لدراسة محددات استهلاك الطاقة الكهربائية في لبنان ما بعد الحرب. يتفاوت الطلب على الكهرباء خلال فترات مختلفة من السنة. خلال فصل الصيف الحار والرطب، يُطلب استخدام مكثف لأجهزة تكييف الهواء في المناطق الساحلية والمناطق ذات الكثافة السكانية العالية للحفاظ على راحة الأماكن الداخلية.

في [9]، تم تطبيق نظام خبير قائم على المعرفة لدعم اختيار نموذج التنبؤ بالطلب الأنسب مع تطبيق عملي. ومع ذلك، فإن أساليب التنبؤ التقليدية غير مقبولة بسبب ضعفها في القدرة على التوفيق غير الخطي. في التقنيات القائمة على الذكاء الاصطناعي، تُعد الشبكة العصبية الاصطناعية من أكثر النماذج شيوعاً.

في [10] تم توضيح مفهوم التنبؤ بالأحمال على المدى الطويل بشكل معقول، كما تم عرض التطورات الحديثة في صناعة الطاقة الكهربائية.

في [11]، استُخدم الانحدار الخطي المتعدد لدراسة تأثير المتغيرات الاقتصادية على استهلاك الكهرباء السنوي في شمال قبرص خلال الفترة (1988-1997م) وقد وُجد أن عدد المستهلكين وسعر الكهرباء وعدد السياح يرتبطون باستهلاك الكهرباء السنوي.

ويكون التنبؤ بالطلب على الطاقة جيداً إذا كان الطلب المتوقع قريباً جداً من الفعلي، أما إذا كان الطلب المتوقع أقل من الطلب الفعلي فسيؤدي ذلك إلى نقص التمويل والبنى التحتية مما يؤدي

إلى نقص في إنتاج الطاقة المطلوبة وبالتالي إلى قيود في توزيعها على المستهلكين وهذا بدوره سيؤثر على الاقتصاد ويسبب خسائر مالية، أما إذا كان الطلب المتوقع أعلى من الطلب الفعلي ومبالغا فيه، ينتج عنه إهدار أموال باهظة ستستثمر في مشاريع لا مردود اقتصادي منها، بالإضافة إلى صعوبة في توفير التمويلات اللازمة لهذه المشاريع، فكلتا الحالتين غير مرغوب بهما لصناعة الكهرباء بشكل خاص والاقتصاد بشكل عام، ولهذا السبب يتطلب القيام بدراسات دقيقة على التنبؤ بالطلب بإتباع أحدث الطرق الرياضية والإحصائية واستخدام الحاسوب وتوفير المعلومات الفعلية اللازمة لعملية التنبؤ، [2].

التنبؤ بالطلب مطلوب لفترات زمنية مختلفة، حيث تنقسم دراسات التنبؤ بالطلب إلى ثلاث فترات هي، [2][5]:

1. دراسات التنبؤ قصير المدى: تمتد هذه الدراسة من ساعة إلى أسبوع وتستخدم في عمليات تشغيل المحطات وتوزيع الأحمال وتنظيم احتياطات التشغيل ومعدلات الأمان.  
2. دراسات التنبؤ متوسط المدى: وهي تتراوح من أسبوع إلى سنة، وتستخدم في تنظيم عمليات الصيانة وإمدادات الوقود.

3. دراسات التنبؤ طويل المدى: والتي تمتد إلى عشرات السنين، وتستخدم في التخطيط وإنشاء المحطات وإضافة شبكات النقل والتوزيع.

في هذه الدراسة تم إعداد توقعات الطلب على الطاقة الكهربائية لشبكة الكهرباء الوطنية خمسة عشرة سنة قادمة باستخدام نهجين مختلفين، وافترض سيناريوهين للطاقة (سيناريو اعتيادي، وسيناريو مرشد)، وأهم مصادر المعلومات التي استخدمت في إعداد التوقعات هي:

1. إحصائيات شركة الكهرباء الوطنية للطاقة المولدة والمباعة والفقد... الخ.
2. المعلومات التاريخية المتعلقة بالاقتصاد الوطني والسكان، تم الحصول عليها من دائرة الإحصاءات العامة والمصرف المركزي ووزارة التخطيط.

### (1) طرق التنبؤ.

تطورت طرق التنبؤ خلال العقود القليلة الماضية بشكل كبير، وبرزت سيطرت العلوم الرياضية والإحصائية والاقتصادية على هذه الطرق، فمنها ما هو بسيط ومنها ما هو أكثر تعقيدا ويحتاج إلى برامج حاسوبية متطورة.

### (1-1) طرق التنبؤ متوسط وطويل المدى.

#### أ- طريقة الاتجاه السائد.

طريقة الاتجاه السائد تعتمد على البيانات التاريخية بافتراض ثبات العلاقة بين الاستهلاك والزمن. تمتاز بالبساطة والسرعة وقلة التكلفة، لكنها لا تأخذ جميع العوامل المؤثرة بعين الاعتبار وتقدم نتيجة واحدة دون تفسير أسباب تغير الطلب.

## ب- الطريقة الاقتصادية.

الطريقة الاقتصادية تعتمد على دمج النظريات الاقتصادية مع الأساليب الإحصائية للتنبؤ بالطلب على الكهرباء، من خلال ربطه بعوامل مثل الدخل والسكان وسعر الكهرباء باستخدام بيانات تاريخية. تتميز بقدرتها على تفسير أسباب تغير الطلب وتقديم تنبؤات مفصلة حسب القطاعات، مع مرونة في تحليل السيناريوهات. لكن عيوبها أنها تحتاج بيانات دقيقة، وتفترض ثبات العوامل مع الزمن، مما يقلل دقتها خاصة في التنبؤ طويل المدى.

## ج- طريقة المستخدم النهائي.

طريقة المستخدم النهائي تعتمد على تقدير استهلاك الكهرباء حسب الاستخدامات الفعلية (مثل الإضاءة والتكييف) وفئات المستهلكين، وهي دقيقة وتوفر تحليلاً تفصيلياً للاستهلاك وإمكانية ترشيده. تمتاز بربط الطلب بعوامل واضحة وسهلة الفهم، لكنها تحتاج بيانات دقيقة ومفصلة عن المستخدمين وأجهزتهم، كما تفترض ثبات العلاقة بين الاستهلاك والاستخدام، وهو ما قد لا يصح على المدى الطويل.

## (1-2) طرق قصيرة المدى.

التنبؤ قصير المدى لاستهلاك الكهرباء يعتمد بشكل كبير على العوامل الجوية وبيانات الاستهلاك السابقة بسبب تأثيرها على تذبذب الحمل اليومي. تنقسم طرقه إلى نوعين: طرق تعتمد على الطقس وبيانات الحمل، وأخرى تعتمد على بيانات الحمل فقط. هدفها هو ضمان إنتاج طاقة كافية لتلبية الطلب اليومي وتحسين تشغيل الشبكة وتوفير الاحتياطي المناسب.

## (2) أهداف تنبؤات الأحمال طويلة المدى.

الهدف الرئيسي لتنبؤات الأحمال هو مطابقة الطاقة المولدة إلى الطاقة المستهلكة بشكل مستمر، ومن الأهداف الأخرى للتنبؤ ما يلي:

1. إعداد برامج الصيانة والاستخدام الأمثل للموارد المتاحة لمنظومة الطاقة الكهربائية.
2. تقادي الخسائر الكبيرة في الاستثمارات اللازمة لإنشاء محطات التوليد وشبكات الطاقة والتوزيع.

3. نقادي المشاكل التي تنشأ مع التوسع في الطاقة المولدة، واستعمال الحلول المقررة مسبقا كنتيجة لتطبيق تنبؤات الأحمال.
4. التخطيط للإنشاءات والتشغيل الفعال للمنظومة الكهربائية وإحلال الوحدات القديمة.

### (3) المنهجية المتبعة للتنبؤ بالأحمال.

تحدد إمكانية تطبيق منهجية التنبؤ طويل المدى طبقا لنوع قواعد البيانات المتوفرة، عليه تم إعداد توقعات الطلب على الطاقة والأحمال الكهربائية للمخطط العام طويل المدى (2025-2040م) باستخدام طريقة الاتجاه السائد، المعتمدة على البيانات التاريخية، والتي تفترض ثبوت العلاقة بين استهلاك الطاقة الكهربائية والزمن خلال فترة التنبؤ المستقبلية، ولسهولة استعمال هذه الطريقة وتوافر البيانات التاريخية ثم استخدامها للحصول على تنبؤ عام للأحمال الكهربائية لشبكة الكهرباء الوطنية باستعمال البيانات الداخلية (بيانات ومعطيات الشركة، المتمثلة في إجمالي الطاقة المنتجة)، والبيانات الخارجية (البيانات الديموغرافية والاقتصادية، المتمثلة في عدد السكان، والناتج المحلي الإجمالي)، وذلك وفقا لنموذج معادلة الانحدار الخطي، والذي يتم فيه دراسة العلاقة بين المتغيرات لغرض التنبؤ بقيمة متغير معين بدلالة متغير آخر أو أكثر.

في هذا النموذج يجب أن تكون هناك علاقة خطية بين المتغيرين، ومن ثم استخدام هذه العلاقة لتقدير القيم المستقبلية لأحد المتغيرين بمعرفة قيمة المتغير الآخر، وهذا يعني أنه يمكن تطبيق خط مستقيم على لوحة الانتشار للمتغيرين (رسم بياني يمثل المتغيرين  $X$ ،  $Y$ ).

وبافتراض أن معادلة هذا الخط المستقيم هي:

$$Y_i = a + bX_i \dots \dots \dots (1)$$

حيث أن:

$$Y_i = \text{هي المتغير التابع المستهدف للتنبؤ بقيمته.}$$

$$X_i = \text{هي المتغير المستقل.}$$

(a, b) = معاملات يمكن إيجاد قيمتهما من المعادلتين التاليتين:

$$b = \frac{\sum XY - n\bar{X}\bar{Y}}{\sum X^2 - n\bar{X}^2} \dots \dots \dots (2)$$

$$a = \bar{Y} - b \bar{X} \quad \dots\dots\dots (3)$$

حيث أن  $\bar{X}$  هو الوسط الحسابي للمتغير المستقل.  
 $\bar{Y}$  هو الوسط الحسابي للمتغير التابع.  
 $n$  هي عدد السنوات.

وللتأكد من أن هذه الصيغة المستعملة تكون قريبة جدا من الحل، يجب حساب معامل الارتباط ( $R$ ) باستخدام العلاقة التالية:

$$R = \frac{\sum XY - n\bar{X}\bar{Y}}{\sqrt{\sum X^2 - n\bar{X}^2} \sqrt{\sum Y^2 - n\bar{Y}^2}} \quad \dots\dots\dots (4)$$

وللحصول على نتيجة دقيقة يجب أن تكون قيمة معامل الارتباط ( $R$ ) بين (0.9-1)، بمعنى آخر العلاقة تكون قريبة جدا إلى الحالة الحقيقية، أما إذا كانت قيمة ( $R$ ) اقل من (0.9) فالنتائج ستكون بعيدة عن القيم الحقيقية ومن ثم يجب أن يسقط هذا المتغير من حساب الطاقة، [3].

#### (4) خطوات التنبؤ.

فيما يلي نستعرض الخطوات الأساسية المتبعة للتنبؤ بالأحمال.

1. جمع البيانات التاريخية و مراجعتها وتدقيقها وتصنيفها وتحديد خواصها.
2. تحليل البيانات المجمعدة لتحديد العوامل الاقتصادية والسكانية والمناخية الهامة التي أثرت على النمو في الماضي.
3. باستنباط النتائج المنجزة والمجمعة نستطيع تحديد السلوك أو الطلب المستقبلي للأحمال.
4. مقارنة الأداء المسجل بشكل دوري بالتوقعات السابقة وعمل تعديلات ملائمة للتقنيات والفرضيات والاختيار الحكيم والمعقول للبيانات المتوفرة له الأهمية الكبيرة للمتوقعين.

#### (5) جمع البيانات.

تبدأ دراسات التنبؤ بالطلب على الطاقة والأحمال الكهربائية بعملية جمع البيانات وتصنيفها وتحديد خواصها ومعالجتها بهدف وضعها في نمط يتناسب والنماذج الحاسوبية المستخدمة، هذه البيانات لها فوائد فمن خلالها نتعرف على العوامل التي من شأنها التأثير على استهلاك الطاقة الكهربائية.

إن نوعية وتوافر البيانات التي من المتوقع أن تبني منها التنبؤات تكون ذات أهمية فائقة، وبصورة عامة التنبؤات الديموغرافية والاقتصادية وبيانات الطاقة المنتجة تشكل الأساس لتنبؤات الأحمال.

البيانات الديموغرافية متمثلة في عدد السكان والبيانات الاقتصادية تتمثل في الناتج المحلي الإجمالي، ونظرا لعدم توفر إسقاطات على المدى الطويل للبيانات الديموغرافية والاقتصادية، قمت بحساب مؤشرات مستقبلية لكل من البيانات الديموغرافية والاقتصادية بالاستعانة بالبيانات التاريخية المتاحة وفقا للدالة الهندسية والتي تفترض أن معدل النمو السنوي ثابت ولها الصيغة التالية:

$$P_n = P_o(1+r)^n \dots\dots\dots (5)$$

حيث:

$r$  معدل النمو السكاني أو الاقتصادي.

$n$  الفترة الزمنية بين سنتي الأساس والتنبؤ.

$P_o$  عدد السكان في آخر تعداد أو آخر إحصائية للناتج المحلي الإجمالي.

$P_n$  عدد السكان أو الناتج المحلي الإجمالي المتنبئ بهم في سنة التنبؤ.

البيانات الديموغرافية والبيانات الاقتصادية تم الحصول عليها من مجموعة البنك الدولي، أما بيانات الطاقة المنتجة فتم الحصول عليها من الشركة العامة للكهرباء. وفي هذا الجزء سنبدأ بلمحة عامة عن البيانات الديموغرافية والاقتصادية والطاقة المنتجة والتي تم جمعها واستقراءها لتكون مدخلات أولية لتنبؤات الأحمال.

### (1-5) البيانات الديموغرافية.

تمثلت البيانات الديموغرافية المستخدمة في هذه الدراسة في عدد السكان، ولعدم توفر تنبؤات مستقبلية للسكان تكون أساس لتوقعات الطلب، قمنا بإعداد توقعات سكانية لسنوات الدراسة مستندة على البيانات التاريخية وفقا للمعادلة (5) والجدول (1) يوضح البيانات السكان التاريخية والناتج التي تم التوصل إليها (المتوقعة)، والهدف الرئيسي من دراسة هذه البيانات هو تقدير الطلب على الطاقة الكهربائية وتقدير أقصى حمل متوقع لسنوات الدراسة.

الجدول (1) البيانات التاريخية والمتوقعة للسكان (المصدر: موقع مجموعة البنك الدولي).

عدد السكان المتوقع (ألف نسمة)	السنة	عدد السكان المتوقع (ألف نسمة)	السنة	عدد السكان (التاريخية) (ألف نسمة)	السنة	عدد السكان (التاريخية) (ألف نسمة)	السنة
8094.122	2033	7457.048	2025	6849.055	2018	6497.839	2010
8177.491	2034	7533.855	2026	6951.033	2019	6343.203	2011
8261.719	2035	7611.454	2027	7045.399	2020	6179.328	2012
8346.815	2036	7689.852	2028	7135.175	2021	6304.628	2013
8432.787	2037	7769.057	2029	7223.805	2022	6427.252	2014
8519.645	2038	7849.079	2030	7305.659	2023	6531.819	2015
8607.397	2039	7929.924	2031	7381.023	2024	6632.126	2016
8696.054	2040	8011.602	2032			6738.770	2017

ومن البيانات التاريخية ونتائج التوقع المستقبلية للسكان نلاحظ ان عدد السكان نمت باستمرار حيث كان (6.49 مليون نسمة) سنة (2010م) وازداد الى (7.381 مليون نسمة) سنة (2024م) أي بمعدل نمو (1.03%) ومن المتوقع ان يصل عدد السكان في سنة (2040م) الى (8.696 مليون نسمة).

#### (2-5) البيانات الاقتصادية.

البيانات الاقتصادية المستخدمة في هذه الدراسة متمثلة في الناتج المحلي الإجمالي (GDP)، ومكونات الناتج المحلي الإجمالي المستخدمة في توقع الطلب مستندة على القطاعات التالية (الصناعي- الزراعي- التجاري .... الخ).

الناتج المحلي الإجمالي لايزال يعتمد بشدة على المصادر الهيدروكربونية (النفط والغاز)، حيث يعد قطاع النفط أحد أهم مكونات الناتج المحلي الإجمالي للبلاد والبيانات التاريخية للناتج المحلي الإجمالي توضح اختلال في البيانات خلال بعض السنوات، وذلك بسبب التوترات التي مرت بها البلاد، وايضا نلاحظ تطور نموه خلال السنوات الاخيرة. عند مرحلة جمع البيانات لم نتحصل على تنبؤات اقتصادية طويلة المدى، عليه قمنا بإعداد توقعات نمو الناتج المحلي لسنوات الدراسة باستقراء البيانات التاريخية وفق المعادلة (5)،

والجدول (2) يوضح البيانات التاريخية للنتائج المحلي الإجمالي الحقيقي والنتائج التي تم التوصل إليها.

**الجدول (2) البيانات التاريخية للنتائج المحلي الإجمالي الحقيقي (ألف مليون دينار لبيي).**

النتائج المحلي الاجمالي المتوقع	السنة	النتائج المحلي الاجمالي المتوقع	السنة	النتائج المحلي الإجمالي	السنة	النتائج المحلي الاجمالي	السنة
315248.490	2033	233923.68	2025	104670	2018	95490	2010
327227.933	2034	242812.780	2026	96840	2019	58970	2011
339662.595	2035	252039.666	2027	65060	2020	11760	2012
352569.773	2036	261617.173	2028	158990	2021	95820	2013
365967.425	2037	271558.625	2029	208150	2022	73000	2014
379874.187	2038	821877.853	2030	217040	2023	67290	2015
394309.406	2039	292589.211	2031	225360	2024	69400	2016
409293.163	2040	303707.620	2032			93610	2017

من الجدول (2) نلاحظ ان النتائج المحلي الاجمالي نمى باستمرار حيث كان (225360 مليون دينار لبيي) في سنة (2024م) ومن المتوقع ان يصل الناتج المحلي الاجمالي في سنة (2040م) الى (409293.163 مليون دينار لبيي).

### (3-5) بيانات الطاقة المنتجة.

نلاحظ من خلال البيانات التاريخية تذبذب في القيم الفعلية للطاقة المنتجة خلال السنوات الماضية نتيجة للتوترات التي مرت بها البلاد، حيث كان اجمالي الطاقة المنتجة في سنة (2010 م) (32502 جيجا وات ساعة) وانخفضت خلال سنة (2011 م) الى (26058 جيجا وات ساعة)، وكانت خلال سنة (2013 م) (37913 جيجا وات ساعة) وبلغت خلال سنة (2024 م) (51496 جيجا وات ساعة)، والجدول التالي يوضح بيانات الطاقة المنتجة للفترة (2010\_2024م).

الجدول (3) البيانات التاريخية للطاقة المنتجة.

السنة	الطاقة المنتجة (جيجا وات ساعة)	السنة	الطاقة المنتجة (جيجا وات ساعة)
2010	32602.777	2018	37122.137
2011	26058.638	2019	38105.738
2012	34281.477	2020	35058.115
2013	37913.132	2021	40491.003
2014	27730.928	2022	42984.853
2015	36212.118	2023	46943.764
2016	36429.015	2024	51496.578
2017	36797.705		

حيث تعتبر بيانات الطاقة المنتجة من أهم المدخلات لعملية تنبؤ الأحمال طويلة المدى، وفي هذه الدراسة استخدمت بيانات الطاقة المنتجة على أساس أن الطاقة المنتجة مساوية للطاقة المستهلكة وللأسباب التالية:

1. بيانات الطاقة المستهلكة لا تمثل بيانات الاستهلاك الحقيقية وذلك لعدة أسباب منها الفاقد التجاري والفاقد في الطاقة.

$$\text{الطاقة المنتجة} = \text{الطاقة المستهلكة} + \text{الفاقد في الطاقة} + \text{الفاقد التجاري.}$$

وبما أن :

$$\text{الطاقة المستهلكة} = \text{الطاقة المباعة} + \text{الفاقد التجاري} + \text{الفاقد في الطاقة.}$$

إذا :

$$\text{الطاقة المنتجة} = \text{الطاقة المستهلكة.}$$

2. الطاقة المنتجة هي المطلوب إيجادها في هذه الدراسة لتقدير متطلبات الحمل خلال فترة الدراسة.

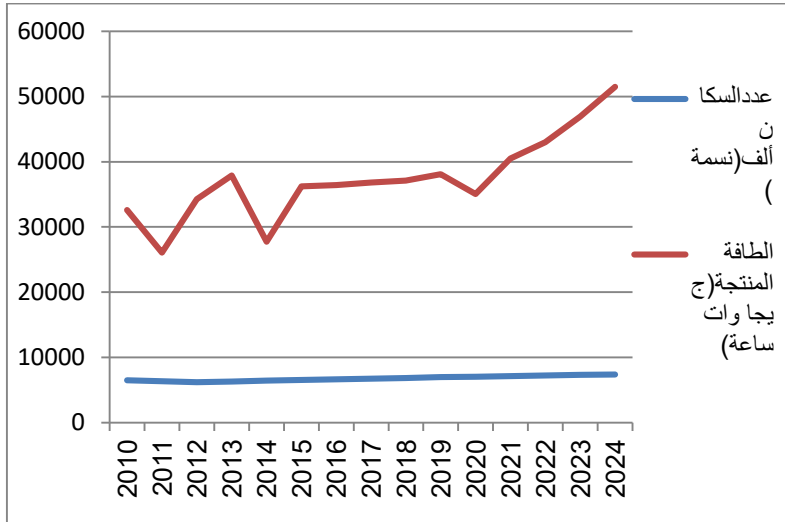
(6) الطرق المستخدمة لنموذج التنبؤ.

ولحساب توقعات الاحمال المستقبلية نحتاج إلى تطبيق عدة طرق لتنبؤ الحمل، ومن ثم نقارن نتائج هذه الطرق ونختار الأفضل ملائمة من بين هذه الطرق، وهذا بدوره سيكون له الأثر الكبير للمساعدة في عمليات التخطيط.

في هذه الدراسة سنحاول تطبيق طريقتان لتنبؤات الأحمال طويلة المدى لشبكة الكهرباء الليبية، الطريقة الأولى مستندة على النمو السكاني والطريقة الثانية مستندة على الناتج

المحلي الإجمالي، الطريقتان استندتا على البيانات التاريخية لشرح النمط المستقبلي باستخدام نموذج معادلة خط الانحدار، الذي نوقش سابقا في الفقرة (3). توقعات الطلب المستقبلي أعدت لتخطيط الفترة من (2025 - 2040م). (1-6) الطريقة الديموغرافية.

يعد النمو السكاني من احد أهم العوامل في تقدير الطلب على الكهرباء، والمتوقع ازدياد استهلاك الكهرباء بسرعة كبيرة بازدياد النمو السكاني، أي انه يوجد ارتباط ايجابي بين النمو السكاني وازدياد الطلب على الكهرباء. في هذه الطريقة يتم دراسة العلاقة بين الطاقة المنتجة وعدد السكان لحساب الطاقة المنتجة المتوقعة، ومن ثم حساب الحمل الأقصى السنوي، حيث أن عدد السكان يعد كمتغير مستقل والطاقة المنتجة كمتغير تابع (معتمد). الشكل (1)، يوضحان العلاقة بين عدد السكان والطاقة المنتجة للسنوات الماضية.



الشكل (1) العلاقة بين عدد السكان والطاقة المنتجة للسنوات الماضية.

طبقتنا نموذج خط الانحدار لتقدير الطاقة المنتجة المستقبلية حتى أفق سنة 2040م، وكانت النتائج وفقا للمعادلتين رقم (2)، (3) كالتالي:

$$a = -41172.6, \quad b = 11.697$$

وعليه ، فإنه يمكن كتابة الصيغة التنبؤية للطاقة المنتجة المتوقعة وفقا للمعادلة رقم (1) كالتالي:

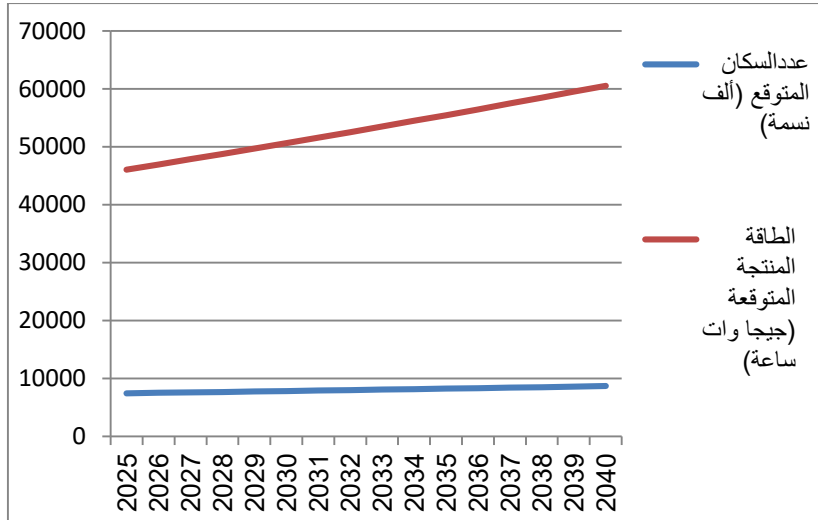
$$Y_i = -41172.6 + 110697 X_i$$

حيث:

$Y_i$  = الطاقة المنتجة المتوقعة.

$X_i$  = عدد السكان المتوقع.

الشكل (2)، يتضمن النتائج المتحصل عليها من التنبؤات المتوقعة،



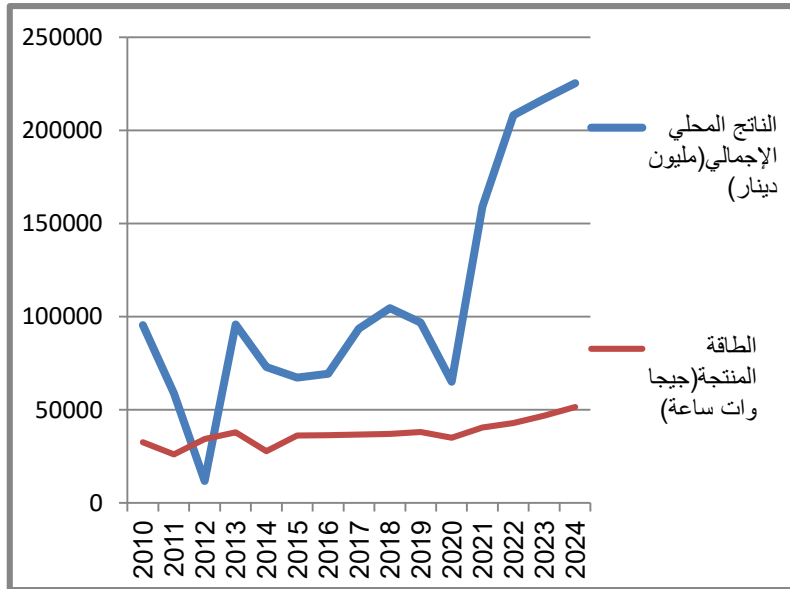
الشكل (2) التنبؤات المتوقعة لكل من عدد السكان والطاقة المنتجة

وللتأكد من مدى دقة النتائج المتحصل عليها ضمن الدقة المطلوبة، ثم حساب معامل الارتباط ( $R$ ) من المعادلة (4)، وكانت نتيجة معامل الارتباط هي (0.767)، وهي ضمن مدى الدقة المطلوب.

#### (2-6) الطريقة الاقتصادية.

كما في النمو السكاني، العامل الاقتصادي المتمثل في الناتج المحلي الإجمالي (GDP) هو أحد أهم العوامل المؤثرة في الطلب على الكهرباء، و إن تحقيق معدلات نمو

اقتصادية عالية لأي مجتمع، سيكون له الأثر الكبير في ازدياد الطلب المستقبلي على الطاقة خصوصا في حالة عدم تطبيق سياسات الحفاظ على الطاقة. وعليه فان الهدف الأساسي لهذه الطريقة هو دراسة تأثير النمو الاقتصادي على مستوى الطلب المستقبلي على الطاقة في ليبيا. والشكل (3)، يوضح تطور الطاقة المنتجة والنتائج المحلي الإجمالي للسنوات الماضية.



الشكل (3) العلاقة بين الناتج المحلي الاجمالي والطاقة المنتجة خلال السنوات الماضية.

كما في الطريقة الأولى، طبقنا نموذج الانحدار الخطي لتقدير الطاقة المنتجة المستقبلية حتى أفق سنة 2040م، وكانت النتائج وفقا للمعادلتين رقم (2)، (3) كالتالي:

$$a = 12622.24, b = 0.19527$$

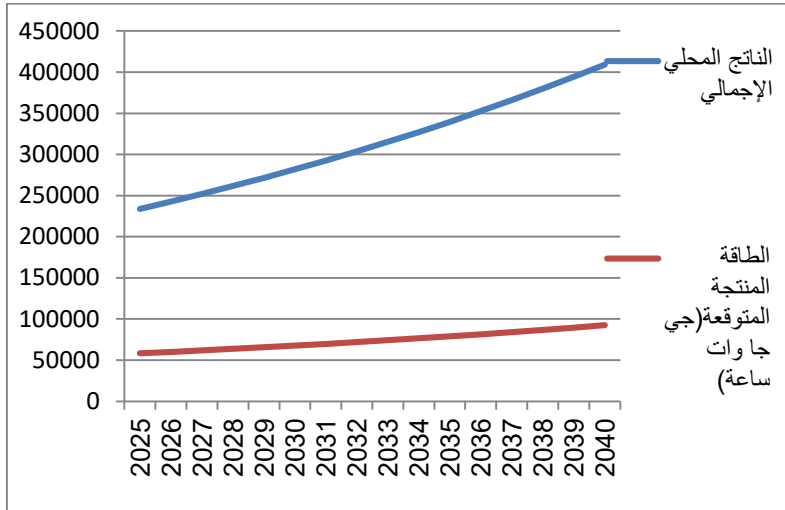
وعليه، فإنه يمكن كتابة الصيغة التنبؤية للطاقة المنتجة المتوقعة كالتالي:

$$Y_i = 12622.24 + 0.19527X_i$$

حيث:  $Y_i$  = الطاقة المنتجة المتوقعة.

$X_i$  = الناتج المحلي المتوقع.

النتائج المتحصل عليها من التنبؤات المتوقعة موضحة بالشكل (4).

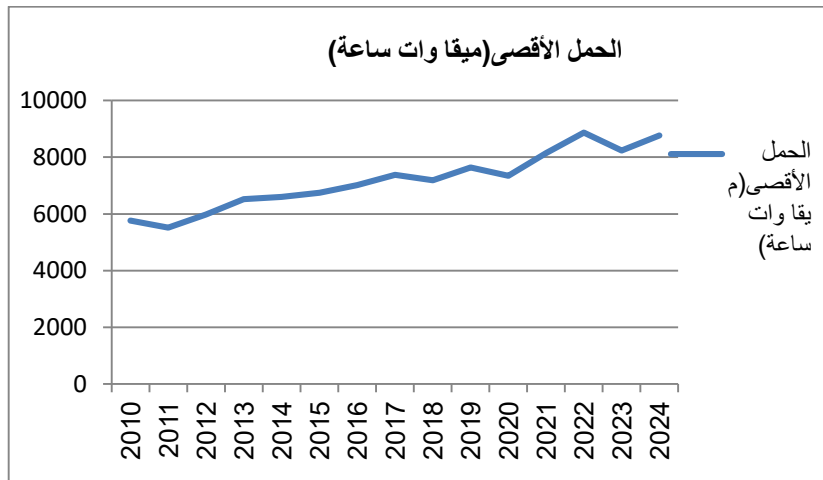


الشكل (4) التنبؤات المتوقعة لكل من الناتج المحلي والطاقة المنتجة.

وأيضاً وفقاً للمعادلة رقم (4)، وكانت نتيجة معامل الارتباط هي (0.846)، إذا النتيجة ضمن مدى الدقة المطلوب.

#### (7) الحمل الأقصى.

الحمل الأقصى يدل إلى متطلبات الطاقة القصوى المحتاجة للنظام في الوقت المعطى، أو كمية الطاقة المحتاجة لتزويد الزبائن بها في أوقات الحاجة العظمى، والشكل رقم (5) نلاحظ تطور الحمل الأقصى خلال السنوات الماضية:



الشكل رقم (5) نلاحظ تطور الحمل الأقصى خلال السنوات الماضية

لتقدير الحمل الأقصى السنوي للسنوات المقبلة يجب معرفة معاملان رئيسيان هما، معامل الحمل، والطاقة المنتجة المتوقعة. النتائج التفصيلية لتنبؤات طلب الحمل الأقصى باستخدام الطريقتين الديموغرافية والاقتصادية معطاة بالجدول (4).

الجدول (4) الحمل الأقصى المتوقع باستخدام الطريقة الديموغرافية. نتائج الحمل الأقصى المتوقع باستخدام الطريقة الديموغرافية والطريقة الاقتصادية.

السنة	الحمل الأقصى (ديموغرافية)	الحمل الأقصى (اقتصادية)	السنة	الحمل الأقصى (ديموغرافية)	الحمل الأقصى (اقتصادية)
2025	7846.46	9933.240	2033	9619.720	12638.912
2026	7999.538	10228.970	2034	9282.267	13037.474
2027	8154.178	10535.957	2035	9450.128	13451.178
2028	8310.428	10854.602	2036	9619.720	13880.598
2029	8468.280	11185.354	2037	9791.060	14326.339
2030	8627.759	11528.675	2038	9964.161	14789.017
2031	8788.879	11885.043	2039	10139.046	15269.277
2032	8951.659	12254.952	2040	10315.717	15767.787

## (2-7) مقارنة النتائج

ومن خلال مقارنة النتائج المتوقعة بالجدول (4)، نلاحظ أن نتائج توقعات الطلب على الطاقة للسنوات (2025 - 2040م) باستخدام الطريقة الديموغرافية كانت اقل من السنوات التي قبلها لبيانات الحمل الأقصى للسنوات الماضية، أما نتائج توقعات الطلب على الطاقة باستخدام الطريقة الاقتصادية فكانت قريبة جدا ومطابقة للبيانات الحقيقية. لذا تم اختيار الطريقة الاقتصادية لعمل السيناريوهات الطاقية واستبعاد الطريقة الديموغرافية.

## (8) السيناريوهات الطاقية.

لمعرفة الأثر المتوقع لتطبيق سياسات ترشيد استهلاك الطاقة تم إعداد سيناريوهات طاقية وفقا للطريقة الاقتصادية التي تم اختيارها في المقارنة السابقة على أنها الأفضل لمطابقتها البيانات الحقيقية، لذلك، تم افتراض سيناريوهين طاقويين ضمن سياق هذه الدراسة، شمل:

### (1-8) السيناريو الطاقوي الأول.

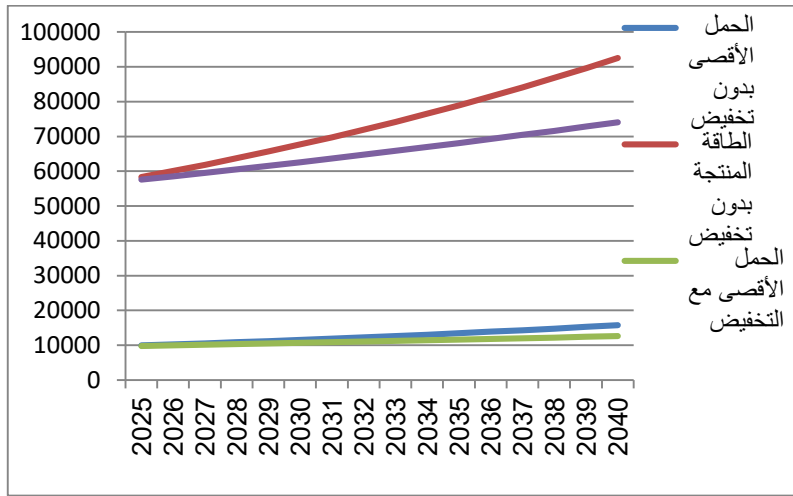
هذا السيناريو يفترض استمرار أنماط استهلاك الطاقة السائدة في الماضي مع انعدام أو محدودة تطبيق سياسات ترشيد استهلاك الطاقة، وبالتالي فهو يعكس ما يسمى بسيناريو الأعمال كالمعتاد أو السيناريو الاعتيادي.

### (2-8) السيناريو الطاقوي الثاني.

هذا السيناريو يفترض إمكانية تحقيق توفير ملموس في استهلاك الطاقة وذلك نتيجة الجهود والسياسات في ميدان تخطيط الطاقة والحفاظ عليها، وبالتالي فهو يعكس ما يمكن أن يسمى سيناريو إدارة الطاقة أو السيناريو الطاقوي المرشد. وفي هذه الدراسة ووفقا لهذا السيناريو فإنه تم افتراض تحقيق وفر (تخفيض) في استهلاك الطاقة بنسبة 20% مقارنة بالسيناريو الطاقوي الاعتيادي حتى أفق 2040م. الشكل (6) والجدول (5) مقارنة لنتائج توقعات الحمل الأقصى والطاقة المنتجة يوضح النتائج المتوقعة للطاقة المنتجة والحمل الأقصى وبنسبة التخفيض المذكورة.

الجدول (5) مقارنة لنتائج توقعات الحمل الأقصى والطاقة المنتجة.

السنة	الحمل الأقصى بدون تخفيض	الطاقة المنتجة بدون تخفيض	الحمل الأقصى مع التخفيض	الطاقة المنتجة مع التخفيض
2025	9933.240	58300.163	9809.07	57571.41
2026	10228.970	60035.920	9973.25	58535.02
2027	10535.957	61837.644	10140.86	59518.73
2028	10854.602	63707.829	10311.87	60522.44
2029	11185.354	65649.082	10486.27	61546.01
2030	11528.675	67664.102	10664.03	62589.29
2031	11885.043	69755.693	10845.10	63652.07
2032	12254.952	71926.764	11029.46	64734.09
2033	12638.912	74180.336	11217.03	65835.05
2034	13037.474	76519.544	11407.79	66954.60
2035	13451.178	78947.641	11601.64	68092.34
2036	13880.598	81468.006	11798.51	69247.82
2037	14326.339	84084.146	11998.31	70420.47
2038	14789.017	86799.698	12201.34	71609.75
2039	15269.277	89618.441	12406.29	72814.98
2040	15767.787	92544.297	12614.23	74035.44



الشكل (6) مقارنة لنتائج توقعات الحمل الأقصى والطاقة المنتجة.

#### الاستنتاجات:

الطلب المستقبلي في ليبيا سيعتمد بدرجة كبيرة على الاداء الإقتصادي، ففي حالة استمرار أنماط استهلاك الطاقة السائد (السيناريو الطاقوي الاعتيادي)، فإنه يتطلب الوصول إلى قدرة توليد مركبة للمنظومة إلى المستوى ( 15767.787 ميجاوات)، و إجمالي طاقة كهربائية منتجة ( 92544.297 جيجاوات. ساعة) حتى أفق 2040م، أما في حالة تطبيق سياسات ترشيد استهلاك الطاقة وفقا (للسيناريو المرشد) فإنه يمكن تحقيق وفراً، أي خفضاً هاماً من متطلبات البلاد و من قدرات توليد الطاقة الكهربائية المضافة تصل إلى ( 3153.56 ميجاوات)، و خفض من الطاقة الكهربائية المنتجة ليصل إلى ( 18508.86 جيجاوات. ساعة)، و هذا يحقق وفراً في الاستثمارات الرأسمالية الإجمالية، و خفض في كمية الوقود المستهلك خلال فترة الدراسة.

#### المراجع:

- [1] بشير محمد جمعة، فتحي ابوقراض، حدود عبد النبي حدود "منهجيات وأساليب التخطيط للنظم الكهربائية في الشركة العامة للكهرباء الليبية"، الندوة العربية الأولى في مجال استراتيجيات التخطيط الكهربائي، طرابلس-ليبيا، 22-23 فبراير 2000.

- [2] محمد خلاط، صلاح المصراطي، أنور الرياطي، فتحي ابوقراض، "دراسة توقع الأحمال للشبكة الليبية للفترة 1990-2010"، قسم تخطيط نظم القوى- فبراير 1992.
- [3] محمد صبحي ابوصالح، عدنان محمد عوض، "مقدمة في الإحصاء"، جامعة اليرموك-أربد، الأردن، الناشر: دار جون وإيلي وأبنائه، 1983.
- [4] R. Report, "Load Forecast For General Electric Company of Libya", Final Report, HQI, Canada, September 1995.
- [5] E. A. Feinberg, D. Genethliou, "Applied Mathematics for Power Systems", eBook.
- [6] W. Gilchrist, "statistical forecasting", (Book), A Wiley-Interscience Publication.
- [7] J. .Yasin, "short-term load forecasting", M.SC., Dissertation, UMIST, 1980.
- [8] G. E. Nasr, E. A. Badr & G. Dibeh, "Econometric modeling of electricity consumption in post-war Lebanon," in Energy Economics, Elsevier, vol. 22, pp 627-640, December 2000.
- [9] M.S. Kandil, S.M. El-Debeiky, N.E. Hasanien, "The implementation of long-term forecasting strategies using a knowledge-based expert system: Part-II," in Elect. Power Syst. Res., vol. 58, no. 1, pp. 19-25, 2001.
- [10] S. R. Khuntia, J. L. Rueda, M. A. Mart, V. D. Meijden, "Forecasting the load of electrical power systems in mid-and long-term horizons: A review," in IET Gen. Trans. Distr., vol.10, pp 3971-3977, 2016.
- [11] F. Egelioglu, A. A. Mohamad, H. Guven, "Economic variables and electricity consumption in Northern Cyprus," in Energy, 26, pp.355-62, 2001.