جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا
كلية الدراسات العليا
كلية العلوم

أهم النماذج الإحصائية لإنتاج الطا قة الكهربائية في السودان

Important STATISTICAL MODELS FOR ELECTRICITY PRODUCTION IN SUDAN

رسالة

لنيل

من

الشيخ الطيب الشيخ

بإشراف

الدكتور بسام

أكتوبر 2007 – وال 1428هـ

سورة [illegible] [illegible] (71)

الإهـــــــــــداء

اهدي □□□ □□□□□

إلى روح والدتي ووالدي
إلى زوجتي وأولادي
إلى كل طالب معرفه

أهدي هذا الجهد المتواضع

الشــكر

أتقدم بالشكر الجزيل لكل من ساهم في إنجاز هذا العمل من قريب أو من بعيد، وأخص بالذكر **رأسهم** الأستاذ **إبراهيم لعلمه وجهده** الكبيرين اللذين لم يبخل علينا بهما طيلة فترة إنجاز هذا العمل.

كما أتقدم بالشكر الجزيل إلى **الهيئة** الوطنية **للكهرباء** والطاقة المتجددة **ممثلة** في **مهندسي** مديرية التوزيع بالمسيلة الذين لم يبخلوا علينا بالمعلومات القيمة التي قدموها **لتعاونهم** في إنجاز هذا العمل.

كما لا يفوتنا أن نشكر كل من **ساهم بجهده ورأيه** في إنجاز **هذا** العمل.

والحمد لله من قبل ومن بعد

الباحـــــث

ABSTRACT

Electrical Energy is regarded as the basic element in contemporary development. It is the most important pillar of infrastructure upon which all industrial, agricultural, social development plans and projects are building.

Sudan as an un developed country suffers from acute deficiency in energy especially electricity which hinder its social and economic growth.

The demand for electricity supply grew during the last decade of the 20th century but it was not met by the required supply and that led to observed shortages in supply, programmed and unprogrammed electricity cuts off from customers.

The importance of this study stem from the acute need for scientific studies and analysis for the situation of production and consumption of electricity among different sectors in Sudan to enable planners and other concerned parties to take right decisions.

The problem of the study centred on the need to use statistical models in the current production of electricity in the Sudan to provide accurate indicators for planning purposes.

The study seeks to describe, examine and analyze the production of electricity within the Sudan National Grid by using different statistical models to select the optimum model.

The study proposed the following:-

1. **The current electricity supply is less than it demand.**
2. **The instability of the time series of electricity production and consumption during the period 1-9-2001 to 31-12-2005.**
3. **There is an effect on the production of electricity from the load factor, maximum temperature and relative humidity.**
4. **Demand for electricity from the national grid will increase in the future.**
5. **It is possible to build models for production and consumption of electricity.**
6. **Future forecasts for electricity production and consumption using statistical models is efficient.**

The data for this study is gathered from operation, technical services and transmission general directorate, the statistics and information section in the planning and projects general directorate National Electricity Corporation (NEC) and from the Meteorological Authority Ministry of Science and Technology

The study followed the descriptive method, which based on describing the research variables to investigate its behavior as well as using the inference analytical method, which compromise between different models for production and consumption of electricity through testing statistical premises concerning these models.

<u>The study concluded the following:-</u>

1. **The suitability of all models used in the study such as, general linear model, seasonal time series model, multinomial model, exponential model and seasonal multiplicative model for monthly production rates during the period (September 2001–December 2005), that was investigated in the study through operating some statistical criteria and also through plotting some estimated values which appeared very close to the actual values and that proved the quality of study data representation using these models.**
2. **The seasonal multiplicative model ARIMA(1,1,1) $(1,0,0)_{12}$ is the best one from the values of Akaike's Information Criterion (AIC) and Schwartz Bayesian Criterion (SBC), which showed less values than other models.**
3. **The forecasts of the seasonal multiplicative model ARIMA(1,1,1) $(1,0,0)_{12}$ showed that the demand for electricity supply will increase in the future in a fluctuated manner according to different months in the year.**

<u>The study recommended that:-</u>

1. **Parties concerned such as NEC shall apply Box- Jenkins time series models especially the seasonal multiplicative model to forecast the values of the phenomena, which assists in setting good plans for future.**
2. **Concerned parties shall search other comprehensive statistical models, and provide more variables related to electricity production such as: the production costs, price per unit, and the number of population.**

الملخص

تعتبر الطاقة الكهربائية أساس التنمية المعاصرة في مسار جوانبها الاقتصادية والاجتماعية بوصفها من أهم هياكل البنية الأساسية وتمثل الدعامة الرئيسية التي تقوم عليها مشروعات وخطط التنمية الصناعية والزراعية والاجتماعية ومجالات الإسكان والخدمات وسائر جوانب الحياة.

والسودان كبقية الدول النامية يعاني من نقص حاد في الطاقة وخاصة الكهربائية مما أعاق نموه وتطوره الاقتصادي وازدهاره الاجتماعي، وقد نما الطلب على الطاقة الكهربائية في العقد الأخير من القرن الماضي ولم تواكبه الزيادة المطلوبة في العرض مما نتج عنه عجز في إمدادات الطاقة الكهربائية وتدني في مستوى خدمات الكهرباء وقطوعات مبرمجة وأخرى غير مبرمجة لا تنفك تزداد وتتفاقم في السنوات التي تلي دخول المشروع إلى حين دخول مشروع أخر على هذا المنوال.

تنبع أهمية الدراسة من أهمية التحليل والدراسة المستمرة لواقع الطاقة من واقع إنتاج واستهلاك الكهرباء بواسطة مختلف القطاعات مما يسهل على المخطط ومتخذي القرار من توفير احتياجات هذا القطاع.

وتتمثل مشكلة الدراسة في قلة وعدم توفر البحوث الإحصائية في دراسة استهلاك الكهرباء في ظل التزايد المستمر على طلب الطاقة الكهربائية مما يستلزم توفير مؤشرات دقيقة في وقت مبكر لأغراض التخطيط السليم حتى يسهل تقدير الاستهلاك.

ويهدف البحث إلى وصف وتحليل إنتاج الطاقة الكهربائية عبر الشبكة القومية، وكذلك نمذجة الاستهلاك من خلال نماذج إحصائية مختلفة للتوصل إلى أفضل نموذج إحصائي، وهذا يساعد على دراسة وتحليل هذه الظاهرة مما يساعد الجهات المسئولة في وضع الخطط المستقبلية المنسجمة مع التوسع الذي يشهده السودان في مختلف المجالات.

ومن الفرضيات التي أستند إليها الدراسة هي:

1- المتاح من التوليد الكهربائي يقل عن الطلب.
2- السلسلة الزمنية للطاقة الكهربائية المنتجة في الشبكة القومية للفترة (1/9/2001-31/12/2005م) غير مستقرة.
3- هناك تأثير من قبل: عامل التحميل، درجة الحرارة القصوى، الرطوبة النسبية على إنتاج الكهرباء.
4- الطلب على إنتاج الكهرباء في الشبكة القومية يتزايد مستقبلاً.
5- يمكن بناء نماذج إحصائية لاستهلاك الكهرباء.
6- تنبؤات إنتاج الكهرباء مستقبلاً من خلال بعض النماذج الإحصائية تعتبر كفوءة.

وقد تم جمع البيانات والمعلومات من الإدارة العامة للتشغيل والخدمات الفنية والنقل، وكذلك من قسم المعلومات والإحصاء بالإدارة العامة للتخطيط والمشروعات بالهيئة القومية للكهرباء والهيئة العامة للأرصاد الجوية بوزارة العلوم والتكنولوجيا.

والأسلوب المستخدم في البحث الأسلوب الوصفي القائم على وصف متغيرات البحث خلال فترة الدراسة لبيان أهم ملامح هذه المتغيرات، إضافةً إلى المنهج الاستدلالي التحليلي القائم على توفيق نماذج إحصائية مختلفة لإنتاج الكهرباء وذلك عن طريق اختبار الفرضيات الإحصائية الخاصة بهذه النماذج.

ومن أهم النتائج التي توصل إليها البحث هي:

1. ملائمة جميع النماذج المستخدمة في الدراسة: النموذج الخطي العام، النموذج الموسمي، نموذج متعدد الحدود، النموذج الأسي، النموذج الموسمي المضاعف، للمعدلات الشهرية لإنتاج الكهرباء خلال الفترة (9/2001-12/2006م)، وأتضح ذلك من خلال بعض المعايير الإحصائية، ومن خلال رسم القيم المقدرة التي

كانت قريبة جداً للقيم الفعلية، مما يعني جودة تمثيل هذه النماذج لبيانات الدراسة.

2. من خلال المقارنة بين النماذج المستخدمة، تم التوصل إلى أن النموذج الموسمي المضاعف $ARIMA(1,1,1)\times(1,0,0)_{12}$ هو أفضل النماذج المستخدمة من خلال قيمتي معياري أكايكي للمعلومات AIC، وشوارتز البيزي SBC اللتين كانت أقل من مثيلاتهما في النماذج الأخرى.
3. أظهرت تنبؤات النموذج الموسمي المضاعف $ARIMA(1,1,1)\times(1,0,0)_{12}$ أن الطلب على الكهرباء سيزداد مستقبلاً وبصورة متذبذبة حسب شهور السنة.

وأوصت الدراسة بأن تقوم الجهات المستفيدة وذات العلاقة كالهيئة القومية للكهرباء بتطبيق نماذج بوكس-جنكنز للسلاسل الزمنية وتحديداً النموذج الموسمي المضاعف لغرض التنبؤ بقيم الظواهر مستقبلاً وهذا يساعد على التخطيط السليم للمستقبل. وكذلك البحث عن نماذج إحصائية أكثر شمولاً وذلك بمحاولة الحصول على متغيرات أكثر ذات علاقة بإنتاج الكهرباء وإدخالها للنماذج، مثل تكلفة الإنتاج، وسعر إنتاج الوحدة، وعدد السكان وغيرها، وهذا من شأنه أن يجعل التنبؤات أكثر دقةً.

الموضوع	الصفحة
- الآية	ب
- الإهداء	ج
- الشكر والتقدير	د
- الملخص باللغة الإنجليزية	هـ
- الملخص باللغة العربية	ز
- المحتويات	ط
- فهرس الجداول	ل
- فهرس الأشكال	س
الفصل [illegible]: [illegible]	**1-7**
1-1 تمهيد	2
1-2 أهمية البحث	4
1-3 مشكلة البحث	4
1-4 أهداف البحث	4
1-5 تساؤلات البحث	5
1-6 فرضيات البحث	5
1-7 بيانات البحث	5
1-8 منهج البحث	5
1-9 مصطلحات البحث	6
1-10 تنظيم البحث	7
الفصل [illegible]: [illegible]	**8-27**
2-1 استعراض تاريخي لتطور وإنتاج الطاقة الكهربائية في السودان	9
2-2 صناعة الكهرباء	13
2-3 الخطة المستقبلية لقطاع الطاقة الكهربائية	20
2-4 الآثار الاقتصادية الاجتماعية لأزمة الطاقة الكهربائية	22
2-5 ترشيد استهلاك الكهرباء	23
2-5-1 ترشيد إنتاج الطاقة	24
2-5-2 الترشيد في مجال نقل الكهرباء	24
2-5-3 الترشيد في مجال توزيع الكهرباء	25
الموضوع	**الصفحة**
2-6 مقارنة الإنتاج الكهربائي في السودان مع بعض الدول العربية	25

28-41	**الفصل** □□□□□□□: □□□□□ **إنتاج** □□□□□□ □□□□□□□□□□
29	3-1 تمهيد
29	3-2 النموذج الخطي العام
30	3-3 نموذج السلسلة الزمنية الموسمي
31	3-4 نموذج متعدد الحدود
32	3-5 النموذج الأسي
32	3-6 نماذج بوكس – جنكنز
33	3-6-1 نماذج بوكس– **جنكنز** اللاموسمية
37	3-6-2 نماذج بوكس– **جنكنز** الموسمية
38	3-6-3 مراحل بناء نماذج بوكس –**جنكنز**
41	3-7 المقارنة بين النماذج
42-95	**الفصل** □□□□□□□: □□□□□ □□□□□ **إنتاج الطاقة** □□□□□□□□□□
43	4-1 تمهيد
43	4-2 وصف وتحليل بيانات الدراسة
49	4-2-1 **الطاقة** الكهربائية **المولدة**
45	4-2-2 **عامل** التحميل
55	4-2-3 **الرطوبة** النسبية
60	4-2-4 **درجة** الحرارة القصوى
66	4-2-5 **العلاقات** بين متغيرات الدراسة
67	4-3 تطبيق النموذج الخطي العام
71	4-4 تطبيق النموذج الموسمي
79	4-5 تطبيق نموذج متعدد الحدود
82	4-6 تطبيق النموذج الأسي
86	4-7 تطبيق نماذج بوكس – جنكنز
93	4-8 **المفاضلة** بين **النماذج** المستخدمة
94	4-9 التنبؤ باستخدام أفضل نموذج
96-100	**الفصل الخامس: النتائج** □□□□□□□□□
97	5-1 النتائج

الموضوع	الصفحة
5-2 التوصيات	98
المراجع	101

فهرس □□□□□□□

الرقم	عنوان الجدول	الصفحة
1-1	الطاقة الكهربائية المولدة للعام 2006م بالميجاواط ساعة	3
1-2	استهلاك الوقود بالطن خلال الفترة (2003-2006م)	4
2-1	محطات التوليد داخل الشبكة القومية للعام 2006م	16
2-2	أطوال خطوط النقل في الشبكة القومية وسعات ومعدل تحويل المحطات التحويلية	17
2-3	أطوال خطوط التوزيع داخل الشبكة بالكيلو متر	18
2-4	مشتركي الشبكة القومية للكهرباء ونسبة التغير في عددهم خلال الفترة (2002-2006م)	18
2-5	استهلاك الطاقة الكهربائية بالقطاعات بالميجاواط ساعة للعام 2000م	19
2-6	تطور الحمل الذروي (ميجاواط) للفترة (2002-2006م)	19
2-7	تطور الذروة الشهرية (ميجاواط) للفترة (2002-2006م)	19
2-8	تطور حمل اليوم الأكثر تحميلاً (ميجاواط) خلال الفترة (2002 -2006م)	20
2-10	خطط التوليد بالشبكة القومية للكهرباء	22
2-11	السعة المركبة وتكلفة الإنتاج الكهربائي في البلاد العربية للعام 1995م	26
2-12	استهلاك الفرد من الطاقة الكهربائية في الدول العربية للعام 1995م	27
3-1	دالتي الارتباط الذاتي والارتباط الذاتي الجزئي للنماذج الغير الموسمية والموسمية الساكنة المختلفة	39
4-1	المعدلات الشهرية للطاقة الكهربائية المنتجة (ميجاواط) خلال الفترة (1/9/2001-31/12/2005م)	44
4-2	المعدلات الشهرية للطاقة الكهربائية المنتجة (ميجاواط) لإجمالي الفترة (2001-2005م)	46
4-3	المعدلات السنوية للطاقة الكهربائية المولدة (ميجاواط) خلال الفترة (2001-2005م)	47
4-4	جدول تحليل التباين للفروق بين معدلات الطاقة الكهربائية المنتجة (ميجاواط) وفقاً للزمن خلال الفترة (9/2001-12/2005م)	49
4-5	المعدلات الشهرية لعامل التحميل خلال الفترة (9/2001-12/2005م)	49
4-6	المعدلات الشهرية لعامل التحميل لإجمالي الفترة (2001-2005م)	51
4-7	المعدلات السنوية لعامل التحميل خلال الفترة (2001-2005م)	53
4-8	جدول تحليل التباين للفروق بين معدلات عامل التحميل وفقاً للزمن خلال الفترة (9/2001-12/2005م)	54
4-9	المعدلات الشهرية للرطوبة النسبية خلال الفترة (9/2001-12/2005م)	55
4-10	المعدلات الشهرية للرطوبة النسبية لإجمالي الفترة (2001-2005م)	57
4-11	المعدلات السنوية للرطوبة النسبية خلال الفترة (9/2001-12/2005م)	58

4-12	جدول تحليل التباين للفروق بين معدلات الرطوبة النسبية وفقاً للزمن خلال الفترة (12/2005-9/2001م)	60
4-13	المعدلات الشهرية لدرجات الحرارة القصوى المئوية خلال الفترة (9/2001-12/2005م)	60
4-14	المعدلات الشهرية لدرجات الحرارة القصوى المئوية لإجمالي الفترة (2001-2005م)	62
4-15	المعدلات السنوية لدرجات الحرارة القصوى المئوية خلال الفترة (2001-2005م)	64
4-16	جدول تحليل التباين للفروق بين معدلات درجات الحرارة القصوى المئوية وفقاً للزمن خلال الفترة (12/2005-9/2001م)	65
4-17	معاملات الارتباط الجزئي بين متغيرات الدراسة	66
4-18	نتائج النموذج الخطي العام المقدر	67
4-19	جدول تحليل التباين للنموذج الخطي العام المقدر	68
4-20	بعض مقاييس النموذج الخطي العام المقدر	68
4-21	المعدلات الشهرية الفعلية والمقدرة لإنتاج الكهرباء خلال الفترة (9/2001-12/2005م) باستخدام النموذج الخطي العام	69
4-22	معاملات الارتباط الذاتي لمعدلات الكهرباء المنتجة شهرياً (ميقاواط) خلال الفترة (12/2005-9/2001م)	72
4-23	المتوسطات المتحركة بطول موسم (12) شهراً لمعدلات الكهرباء المنتجة شهرياً خلال الفترة (12/2005-9/2001م)	73
4-24	قيم المكون الموسمي S_i ومتوسطه والدليل الموسمي C_i	74
4-25	النماذج الموسمية المقدرة لأشهر السنة	75
4-26	جدول تحليل التباين للنموذج الموسمي المقدر	75
4-27	بعض مقاييس النموذج الموسمي المقدر	76

الرقم	عنوان الجدول	الصفحة
4-28	المعدلات الشهرية الفعلية والمقدرة لإنتاج الكهرباء خلال الفترة (3/2002-6/2005م) باستخدام النموذج الموسمي	77
4-29	نتائج النموذج متعدد الحدود	79
4-30	جدول تحليل التباين لنموذج متعدد الحدود المقدر	79
4-31	بعض مقاييس النموذج متعدد الحدود المقدر	79
4-32	المعدلات الشهرية الفعلية والمقدرة لإنتاج الكهرباء خلال الفترة (3/2002-6/2005م) باستخدام نموذج متعدد الحدود	80
4-33	نتائج النموذج الأسي المقدر	83
4-34	جدول تحليل التباين للنموذج الأسي المقدر	83
4-35	بعض مقاييس النموذج الأسي المقدر	83
4-36	المعدلات الشهرية الفعلية والمقدرة لإنتاج الكهرباء خلال الفترة (3/2002-6/2005م) باستخدام النموذج الأسي	84
4-37	دالة الارتباط الذاتي ودالة الارتباط الذاتي الجزئي للسلسلة الزمنية (الشهرية) لإنتاج الكهرباء خلال الفترة (9/2001م-12/2005م)	86
4-38	نتائج تقدير النموذج $ARIMA(1,1,1)\times(1,0,0)_{12}$	89

4-39	مصفوفة الارتباطات لم قدرات النموذج $ARIMA(1,1,1)\times(1,0,0)_{12}$	90
4-40	المعـدلات الـ شهرية الفعل ية والم قدرة لإنتـاج الكهر باء خلال الـ فترة (12/2005-10/2002م) باستخدام النموذج $ARIMA(1,1,1)\times(1,0,0)_{12}$	91
4-41	المقارنة بين النماذج المستخدمة	93
4-42	معدلات إنتاج الكهر باء الـ شهرية المتن بأ بـ ها لل فترة (12/2006-1/2006م) باستخدام النموذج $ARIMA(1,1,1)\times(1,0,0)_{12}$	94

فهرس الأشكال

الرقم	عنوان الشكل	الصفحة
4-1	المعدلات الشهرية للطاقة الكهربائية المنتجة (مي قاواط) الفعلية والمقدرة لإجمالي الفترة (2001-2005م)	47
4-2	المعدلات السنوية للطاقة الكهربائية المنتجة (مي قاواط) الفعلية والمقدرة خلال الفترة (2001-2005م)	48
4-3	المعدلات الشهرية لعامل التحميل الفعلية والمقدرة لإجمالي الفترة (2001-2005م)	52
4-4	المعدلات السنوية لعامل التحميل الفعلية والمقدرة خلال الفترة (2001-2005م)	54
4-5	المعدلات الشهرية للرطوبة النسبية الفعلية والمقدرة لإجمالي الفترة (2001-2005م)	58
4-6	المعدلات السنوية الفعلية والمقدرة للرطوبة النسبية خلال الفترة (9/2001-12/2005م)	59
4-7	المعدلات الشهرية لدرجات الحرارة القصوى المئوية الفعلية والمقدرة لإجمالي الفترة (2001-2005م)	63
4-8	المعدلات السنوية لدرجات الحرارة القصوى المئوية الفعلية والمتوقعة خلال الفترة (2001-2005م)	65
4-9	المعدلات الشهرية الفعلية والمقدرة لإنتاج الكهرباء خلال الفترة (9/2001-12/2005م) باستخدام النموذج الخطي العام	71
4-10	المعدلات الشهرية الفعلية والمقدرة لإنتاج الكهرباء خلال الفترة (3/2002-6/2005م) باستخدام النموذج الموسمي	78
4-11	المتوسطات المتحركة الفعلية والمقدرة لإنتاج الكهرباء خلال الفترة (3/2002-6/2005م) باستخدام النموذج متعدد الحدود	82
4-12	المتوسطات المتحركة الفعلية والمقدرة لإنتاج الكهرباء خلال الفترة (3/2002-6/2005م) باستخدام النموذج الأسي	85
4-13	معاملات الارتباط الذاتي وحدي الثقة لها للسلسلة الزمنية (الشهرية) لإنتاج الكهرباء خلال الفترة (9/2001-12/2005م)	87
4-14	معاملات الارتباط الذاتي الجزئي وحدي الثقة لها للسلسلة الزمنية (الشهرية) لإنتاج الكهرباء خلال الفترة (10/2001-12/2005م)	88
الرقم	عنوان الشكل	الصفحة
4-15	المعدلات الشهرية الفعلية والمقدرة لإنتاج الكهرباء خلال الفترة (9/2001-12/2005م) باستخدام النموذج $ARIMA(1,1,1)\times(1,0,0)_{12}$	93
4-16	معدلات إنتاج الكهرباء الشهرية المتنبأ بها للفترة (1/2006-12/2006م) باستخدام النموذج $ARIMA(1,1,1)\times(1,0,0)_{12}$	95