

## Prediction of Significant Wave Heights in Deep Water along Lattakia Coast Using Simplified Methods

Dr. Muhammad Duraid Alaa Eddin \*

Dr. Amaal Haidar \*\*

Zeina Adnan Hasan \*\*\*

(Received 3 / 7 / 2019. Accepted 18 / 9 / 2019)

### □ ABSTRACT □

This study involves the designing of a numerical model using Matlab to determine the important design wave parameters in the deep zone on Lattakia coast based on wind data including speed, direction, fetch and duration. Several simplified methods are used to predict wave parameters in the deep zone. Accordingly, some of the obtained results will be showed and discussed ,which included the calculation of significant wave height and period. some conclusions and recommendations will be reached.

**Keywords:** Significant wave height, Wave Prediction, CEM, Welson, SPM, SMB, Russian Code, MATLAB.

---

\* Associate Professor, Department of Water Engineering and Irrigation, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria. [alaedeen@gmail.com](mailto:alaedeen@gmail.com)

\*\* Associate Professor, Department of Water Engineering and Irrigation, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria. [amalhaidar11@gmail.com](mailto:amalhaidar11@gmail.com)

\*\*\* Postgraduate Student (Master), Department of Water Engineering and Irrigation, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria. [zeinahassan472@gmail.com](mailto:zeinahassan472@gmail.com)

## التنبؤ بارتفاعات الأمواج المهمة في المياه العميقة على شاطئ اللاذقية باستخدام الطرائق المبسطة

د. محمد دريد علاء الدين\*

د. امال حيدر\*\*

زينة عدنان حسن\*\*\*

(تاريخ الإيداع 3 / 7 / 2019. قُبِلَ للنشر في 18 / 9 / 2019)

### □ ملخص □

يعتبر التنبؤ بمواصفات الأمواج مهماً في تصميم المنشآت الشاطئية والبحرية واستثمار وحماية الشواطئ. في هذه الدراسة تم وضع نموذج عددي باستخدام Matlab، لتحديد بارامترات الأمواج الهامة التصميمية في المنطقة البحرية العميقة لمدينة اللاذقية، اعتماداً على بيانات الرياح التي تتضمن السرعة، والاتجاه، ومسافة الإنسياق، والديمومة. تُستخدم عدّة طرائق مبسطة لتحديد بارامترات الأمواج في المنطقة العميقة، و بناءً على ذلك سوف تُعرض بعض النتائج التي تم الوصول إليها، والتي تضمنت حساب ارتفاع الموجة المهم ودورها، ثم تمت مناقشة هذه النتائج، والوصول إلى بعض الاستنتاجات والتوصيات الهامة.

الكلمات المفتاحية: ارتفاع الموجة الهامة، التنبؤ بالأمواج، الطرائق المبسطة.

\* أستاذ مساعد - قسم الهندسة المانية والري-كلية الهندسة المدنية-جامعة تشرين- اللاذقية-سورية. [alaedeen@gmail.com](mailto:alaedeen@gmail.com)  
\*\* أستاذ مساعد - قسم الهندسة المانية والري-كلية الهندسة المدنية-جامعة تشرين- اللاذقية-سورية. [amalhaidar11@gmail.com](mailto:amalhaidar11@gmail.com)  
\*\*\* عضو هيئة فنية وطالبة ماجستير - قسم الهندسة المانية والري-كلية الهندسة المدنية- جامعة تشرين- اللاذقية- سورية. [zeinahassan472@gmail.com](mailto:zeinahassan472@gmail.com)

**مقدمة:**

تلعب الأمواج دوراً هاماً في النشاطات الساحلية بما في ذلك تصميم المنشآت الشاطئية، نقل الرسوبيات والملوثات، وإعادة تشكيل الشاطئ، لذلك لا بد من التعرف على مواصفات أمواج المياه العميقة للوصول لمواصفاتها في المنطقة الضحلة، وبالتالي خصائص أمواج منطقة التكرار. أجريت دراسة للتنبؤ بالأمواج اعتمدت بناء نموذج رياضي لحقل الأمواج المتشكل أمام شاطئ اللاذقية باستخدام برنامج SMS، وقد أسهم هذا النموذج بوضع خارطة لحقول الأمواج والتيارات المتشكلة ضمن فترة تكرر 50 عام من أجل اتجاهات الرياح المسيطرة في المنطقة [1]، كما درست خصائص الأمواج البحرية في طرطوس، حيث تمت معالجة معطيات سرعة الرياح في محطة المنارة، وتمّ التوصل إلى ارتفاع الموجة مقدراً بالمتر [2]. استخدم باحثون الطرائق المبسطة للتنبؤ ببارامترات الأمواج، فاعتمدوا طريقتي CEM و Wilson في حساب ارتفاع الموجة المهمة في موقعين على شاطئ الهند، الأول على الشاطئ الغربي قرب Mumbai، والثاني على الشاطئ الشرقي قرب Puducherry، وقارنوا ارتفاعات الأمواج المهمة في الموقعين، فكان ارتفاع الموجة المهم في الشاطئ الشرقي أكبر منه في الشاطئ الغربي [3]، وفي دراسات أخرى لتقييم فعالية الطرائق المبسطة للتنبؤ ببارامترات الأمواج في الظروف المحدودة الديمومة والمحدودة الانسياب في موقعين على الشاطئ الجنوبي للبحر الأسود، كانت النتيجة أن طريقة (Coastal Engineering Manual)

CEM أعطت نتائج أكثر دقة في ظروف منطقة الدراسة [4]، كما استخدم آخرون الطرائق المبسطة للتنبؤ بالأمواج، وقارنوا النتائج مع بارامترات مقاسة في بحيرتي Erie و Ontario، وتوصلوا إلى أن طريقة Wilson أكثر دقة في الظروف المحدودة الانسياب في منطقة الدراسة [5].

وبما أنّ أمواج الرياح هي المسيطرة في المنطقة، فقد تضمنت هذه الدراسة تحديد الارتفاعات التصميمية للأمواج المياه العميقة المهمة على شاطئ اللاذقية اعتماداً على بيانات الرياح، التي تمّ الحصول عليها من الدراسة الروسية لمرفاً اللاذقية، وتتضمن سرعة الرياح، وديمومتها، ومسافة الانسياب وفق كل اتجاه لهبوب الرياح، حيث استخدمت مجموعة من الطرائق المبسطة لتحديد بارامترات الأمواج، وذلك من خلال وضع نموذج عددي باستخدام برنامج Matlab، وكذلك تم رسم منحنيات لكل طريقة وفق عدّة اتجاهات.

**أهمية البحث وأهدافه:**

يهدف البحث إلى وضع نموذج عددي باستخدام برنامج Matlab لتحديد ارتفاعات وأدوار الأمواج العميقة المهمة التصميمية، اعتماداً على بيانات الرياح باستخدام مجموعة من الطرائق المبسطة، لأهميته في: تحديد مواصفات الأمواج في مكان بناء المنشآت البحرية والشاطئية ومنشآت المرافئ، واستخدامها في التصميم الوظيفي والإنشائي لهذه المنشآت.

**منطقة الدراسة**

يقع شاطئ اللاذقية في شمال غرب الجمهورية العربية السورية على ساحل البحر المتوسط، ويمتد من جنوب البصة جنوباً حتى رأس البسيط شمالاً (الشكل 1).



الشكل (1) موقع منطقة الدراسة واتجاهات الرياح المميزة.

### طرائق البحث ومواده:

من أجل تحديد مواصفات أمواج المياه العميقة اعتماداً على مواصفات العاصفة التصميمية، نحتاج لمجموعة من البيانات تتضمن سرعة الرياح وفق الاتجاهات الرئيسة، ومسافة الانسياب الموافقة لكل اتجاه، وديمومة العاصفة. يتم الحصول على سرعات الرياح واتجاهاتها من محطات الأرصاد الجوية الشاطئية أو من تسجيلات السفن أو بتحليل خرائط الطقس الخاصة بالمنطقة والممتدة لفترة زمنية كافية. وقد تمّ في هذه الدراسة الاعتماد على بيانات الرياح ( السرعة والاتجاه ) التي تمّ الحصول عليها عند دراسة توسيع مرفأ اللاذقية، والتي تتضمن نتائج تحليل سرعات الرياح وفق الاتجاهات المميزة والمأخوذة لفترة 25 سنة [6]، أما بالنسبة لديمومة العاصفة فقد اعتمدنا عاصفة تصميمية مدتها 12 ساعة، وهي المدّة المقترحة من أجل البحار في حال عدم توفر البيانات الخاصة بديمومة العاصفة في منطقة الدراسة [7]، يتم تحديد مسافة الانسياب، وهي المسافة بين مركز العاصفة والنقطة التي يتم فيها تحديد مواصفات الأمواج بالقياس، اعتماداً على الخرائط والصور الجوية، ( الشكل 1 )، وبالحساب اعتماداً على سرعة الرياح، على أن تؤخذ القيمة الصغرى بينهما. وباستخدام Matlab نقوم بوضع نموذج يعطينا ارتفاع الموجة ودورها باستخدام مجموعة من الطرائق المبسطة، كما يمكن رسم مجموعة منحنيات لكل طريقة وذلك وفق كل اتجاه.

وبيّن الجدول (1) البيانات الخاصة بسرعات الرياح من أجل فترات تكرار مختلفة كما وردت في دراسة توسيع مرفأ اللاذقية، ومسافات الانسياب الحقيقية من أجل كل اتجاه، وقد تم اعتماد هذه البيانات كمدخلات للنموذج العددي.

جدول(1): سرعات الرياح وفق الاتجاهات الرئيسية من أجل فترات تكرار مختلفة ومسافات الانسياب الحقيقية.

الاتجاه	سرعة الرياح (م/ثا) بتكرار مرة واحدة كل :				مسافة الانسياب (كم)
	1سنة	10سنوات	25سنة	50سنة	
S	11	17	18.5	19	125
SW	14	21	23	23.5	600
W	11	19.2	21.5	22.4	150
NW	10	15	16.8	18	200

تحسب قيمة الانسياب الوسطية من المعادلة التالية:

$$L = 5 * 10^{11} * \frac{v}{V_w} \quad (1)$$

حيث:

$v$ : معامل اللزوجة الحركية للهواء ويؤخذ مساوياً ل  $10^{-5}$  م<sup>2</sup>/ثا

$V_w$ : سرعة الرياح م/ثا [7]

ويبين الجدول (2) سرعات الرياح وفق الاتجاهات المميزة ومن أجل فترات تكرار مختلفة، بعد اعتماد القيمة الصغرى لمسافة الانسياب.

جدول(2): سرعات الرياح وفق الاتجاهات الرئيسية من أجل فترات تكرار مختلفة ومسافات الانسياب الحسابية.

50سنة	25سنة	10سنوات	1سنة	
19	18.5	17	11	سرعة الرياح وفق الاتجاه S بتكرار مرة واحدة كل
125	125	125	125	مسافة الانسياب الصغرى الموافقة (كم)
23.5	23	21	14	سرعة الرياح وفق الاتجاه SW بتكرار مرة واحدة كل
212.765	217.39	238.1	357.14	مسافة الانسياب الصغرى الموافقة (كم)
22.4	21.5	19.2	11	سرعة الرياح وفق الاتجاه W بتكرار مرة واحدة كل
150	150	150	150	مسافة الانسياب الصغرى الموافقة (كم)
18	16.8	15	10	سرعة الرياح وفق الاتجاه NW بتكرار مرة واحدة كل
200	200	200	200	مسافة الانسياب الصغرى الموافقة (كم)

### طرائق التنبؤ بمواصفات أمواج المياه العميقة

يعبر مصطلح التنبؤ بالأمواج عن توقع مواصفات الأمواج في مكان ما خلال فترة زمنية معينة، و لأجل التنبؤ بمواصفات الأمواج استناداً لبيانات الرياح، تُستخدم العوامل التالية: سرعة الرياح، مدة العاصفة، الانسياب، والاتجاه، مع الأخذ بعين الاعتبار أن سرعة الرياح هي العامل الأكثر أهمية في خلق الأمواج ذات الارتفاعات العظمى [8،9]. وهناك عدة طرائق يدوية للتنبؤ بالأمواج استناداً إلى بيانات الرياح، ولأجل استخدام هذه الطرائق يجب تحديد سرعة الرياح على

ارتفاع 10م فوق سطح البحر، وإن أي قياس آخر لسرعة الرياح على أي ارتفاع يجب أن يصحح باستخدام العلاقة التالية:

$$w_{10} = w_z \left( \frac{10}{z} \right)^{1/7} \quad (2)$$

حيث :

$W_{10}$ : سرعة الرياح المقيسة على ارتفاع 10 متر، م/ثا .

$W_z$ : سرعة الرياح المقيسة على ارتفاع  $Z$ ، م/ثا. [4،5،8].

### طريقة CEM

وهي الأشهر والأكثر انتشاراً، حيث يحسب ارتفاع الموجة المهمة  $H_{0m}$  ودور الذروة  $T_p$  في المياه العميقة باستخدام الصيغ التالية:

$$t = 77.23 \frac{F^{0.67}}{W_{10}^{0.34} g^{0.33}} \quad (3)$$

حيث تمثل  $t$  الديمومة المحسوبة والتي تُقارن مع الديمومة الحقيقية، وإذا كانت الديمومة الحقيقية أكبر أو تساوي المحسوبة، عندئذ تكون عمليات توليد الرياح محدودة الانسياق وتُستخدم العلاقة التالية:

$$\frac{gH_{0m}}{U_*^2} = 0.0413 \left( \frac{gF}{U_*^2} \right)^{1/2} \quad (4)$$

وإذا كانت الديمومة الحقيقية أقل من المحسوبة، عندئذ نحسب الانسياق الفعال  $F_{eff} = \frac{gF}{U_*^2}$  بدلالة الديمومة الحقيقية من المعادلة التالية :

$$\frac{gF}{U_*^2} = 0.00523 \left( \frac{gt_d}{U_*} \right)^{3/2} \quad (5)$$

ثم يتم حساب ارتفاع الموجة الهام ودور الذروة من المعادلتين:

$$\frac{gH_{0m}}{U_*^2} = 0.0413 \left( \frac{gF}{U_*^2} \right)^{1/2} \quad (6)$$

$$\frac{gT_p}{U_*} = 0.751 \left( \frac{gF}{U_*^2} \right)^{1/3} \quad (7)$$

$$C_D = 0.001(1.1 + 0.035W_{10}) \quad (8)$$

$$U_*^2 = C_D W_{10}^2 \quad (9)$$

حيث:

$F$ : الانسياق ويقدر بالمتر.

$C_D$ : معامل الجر.

$U_*$ : سرعة القص وتقدر بالمتر/ثانية.

$t_d$ : الديمومة الحقيقية تقدر بالثانية.

$g$ : تسارع الجاذبية الأرضية م/ثا<sup>2</sup>.

$W_{10}$ : سرعة الرياح على ارتفاع 10م، م/ثا.

$H_{0m}$ : ارتفاع الموجة المهم ويقدر بالمتر.

$T_p$ : دور الذروة ويقدر بالثانية. [5]

### طريقة Wilson

أولاً تُحسب قيمة الانسياق الأصغري (هي مسافة الانسياق اللازمة لتتشكل الأمواج بشكل كامل، تحت تأثير عاصفة ديمومتها  $t$ ) من المعادلة:

$$F_{\min} = t^{1.73} * U^{0.63} \quad (10)$$

حيث:

$t$ : ديمومة العاصفة وتقدر بالساعة.

$U$ : سرعة الرياح على ارتفاع 10م وتقدر بالمتري/ثانية.

$F_{\min}$ : الانسياق الاصغري ويقدر بالكيلومتر.

في ظروف الانسياق المحدود يُحسب ارتفاع الموجة الهام ودورها من المعادلتين التاليتين:

$$\frac{g \cdot H_s}{U^2} = 0.3 \left\{ 1 - \left( 1 + 0.004 \left( \frac{g \cdot F}{U^2} \right)^{0.5} \right)^{-2} \right\} \quad (11)$$

$$\frac{g \cdot T_{\frac{1}{3}}}{2\pi U} = 1.37 \left\{ 1 - \left( 1 + 0.008 \left( \frac{g \cdot F}{U^2} \right)^{\frac{1}{3}} \right)^{-5} \right\} \quad (12)$$

أما في الظروف المحدودة الديمومة، يمكن حساب ارتفاع الموجة ودورها الهام بتعويض الانسياق الأصغري  $F_{\min}$  في المعادلتين (10،11) بدلاً من  $F$  الانسياق الحقيقي.

حيث:

$H_s$ : ارتفاع الموجة الهام يقدر بالمتري

$g$ : تسارع الجاذبية الأرضية يقدر م<sup>2</sup>/ثا<sup>2</sup>

$U$ : سرعة الرياح على ارتفاع 10م فوق سطح الماء تقدر بالمتري/الثانية

$T_{1/3}$ : زمن الموجة يقدر بالثانية. [4،10].

### طريقة الكود الروسي (Russian Code)

وهي عبارة عن مجموعة معادلات تعتمد على بيانات الرياح سرعتها، الانسياق، والديمومة للحصول على ارتفاع الموجة

الوسطي ودورها الوسطي أيضاً، حيث يتم تحديد ارتفاع الموجة الوسطي وفق المعادلات التالية:

• لأجل أمواج محدودة الانسياق:

$$\bar{h}_d = 0.16 \frac{v_w^2}{g} \left\{ 1 - \left[ \frac{1}{1 + 6 * 10^{-3} * \sqrt{\frac{gL}{v_w^2}}} \right]^2 \right\} \quad (13)$$

• أمواج محدودة الديمومة:

$$\bar{h}_d = 0.16 \frac{v_w^2}{g} \left\{ 1 - \left[ \frac{1}{1 + 1.04 * 10^{-3} * \left( \frac{gt}{v_w} \right)^{0.635}} \right]^2 \right\} \quad (14)$$

على أن تؤخذ القيمة الصغرى بينهما، والتي بدالاتها يتم حساب دور الموجة الوسطي وفق المعادلة التالية:

$$\bar{T} = 19.5 \frac{V_w}{g} \left( \frac{g \bar{h}_d}{V_w^2} \right)^{0.625} \quad (15)$$

ويتم حساب ارتفاع الموجة ذات احتمال التجاوز  $i\%$  في نظام الأمواج بالعلاقة التالية:

$$\bar{h}_i = K_{i\%} \bar{h}_d \quad (16)$$

$$K_{i\%} = 1.1 [-\ln i + 2 \ln 10]^{2\phi} \quad (17)$$

$$\phi = \frac{0.5 * 10^3}{\sqrt{\frac{gL}{V_w^2} + 3.9 * 10^2}} \quad (18)$$

إذا كانت  $\phi < 1$  تؤخذ قيمتها مساوية للواحد

$K_i$ : معامل الانتقال إلى ارتفاع الموجة ذات احتمال التجاوز  $i\%$ . في هذا البحث تم الانتقال إلى ارتفاع الموجة ذات احتمال التجاوز  $13.5\%$ ، وهذا يقابل ارتفاع الموجة الهام، بهدف المقارنة مع بقية الطرائق. حيث:

$h_d$ : ارتفاع الموجة الوسطي يقدر بالمتري.

$g$ : تسارع الجاذبية الأرضية، م/ثا<sup>2</sup>.

$V_w$ : سرعة الرياح على ارتفاع 10م فوق سطح الماء، م/ثا

$\bar{T}$ : زمن الموجة الوسطي يقدر بالثانية [7].

#### طريقة (Shore Protection Manual) SPM

استخدمت من قبل The U.S.Army corps of engineers لتوضيح عملية التنبؤ بظروف الأمواج، حيث يعطي هذا النموذج العلاقات التالية للتنبؤ بالأمواج:

$$U_A = 0.71 U_{10}^{1.23} \quad (19)$$

$$\frac{gt_{min}}{U_A} = 68.8 * \left( \frac{gF}{U_A^2} \right)^{2/3} \quad (20)$$

نحسب من المعادلة التالية  $t_{min}$  ثم نقارنها مع الديمومة الحقيقية، فإذا كانت الديمومة الحقيقية أكبر أو تساوي المحسوبة، عندئذ تكون عمليات توليد الرياح محدودة الانسياق وتستخدم العلاقة التالية:

$$\frac{gH_s}{U_A^2} = 0.0016 \left( \frac{gF}{U_A^2} \right)^{0.5} \quad (21)$$

$$\frac{gT_p}{U_A} = 0.286 \left( \frac{gF}{U_A^2} \right)^{1/3} \quad (22)$$

حيث:

$F$ : مسافة الانسياق وتقدر بالمتري

$H_s$ : ارتفاع الموجة المهم، م.

$g$ : تسارع الجاذبية الأرضية، م/ثا<sup>2</sup>



$U_{10}$ : سرعة الرياح على ارتفاع 10م فوق سطح الماء، م/ثا.

$U_A$ : معامل إجهاد سرعة الرياح، م/ثا.

$T_p$ : دور الذروة ويقدر بالثانية.

في حال كانت الديمومة الحقيقية أقل من المحسوبة، عندئذ نعوض في المعادلة (20) قيمة  $t$  الديمومة الحقيقية بدلاً من  $t_{min}$  الديمومة المحسوبة، ونحصل على قيمة الانسياب، ثم نعوض الانسياب في المعادلتين (21) و(22) للحصول على قيمة ارتفاع الموجة الهام ودور الذروة [4].

### طريقة SMB

تعتمد معادلات The Sverdrup–Munk and Bretschneider (SMB) على اعتبارات تحليلية بعدية، وتعطى كما يلي:

$$\frac{gH_s}{u^2} = 0.283 \tanh[0.0125 \left(\frac{gF}{u^2}\right)^{0.42}] \quad (23)$$

$$\frac{gT_s}{u} = 2.4\pi \tanh[0.077 \left(\frac{gF}{u^2}\right)^{0.25}] \quad (24)$$

إن قيم كل من  $H_s$  و  $T_s$  تتحقق لرياح تهب لأجل ديمومة معطاة وفق انسياب  $F$  كما يلي:

$$\frac{gt_{min}}{U} = 6.5882 * \exp\{[0.0161 \left(\ln\left(\frac{gX}{U^2}\right)\right)^2 - 0.3692 \left(\ln\left(\frac{gX}{U^2}\right)\right) + 2.2024]^{0.5} + 0.8798 \ln\left(\frac{gX}{U^2}\right)\} \quad (25)$$

حيث:

$H_s$ : ارتفاع الموجة الهام، م.

$g$ : تسارع الجاذبية الأرضية، م/ثا<sup>2</sup>.

$U$ : سرعة الرياح على ارتفاع 10م فوق سطح الماء، م/ثا.

$X$ : الانسياب، م.

$T_s$ : زمن الموجة يقدر بالثانية [5،11].

إذا كان  $t < t_{min}$ ، عندئذ تسمى هذه الحالة محدودة الديمومة، عندئذ يجب أن نحسب الانسياب المكافئ من المعادلة (25) ثم نحسب ارتفاع الموجة ودورها من المعادلتين (23) و(24) على التوالي.

إذا كانت  $t \geq t_{min}$ ، يتم حساب ارتفاع الموجة ودورها اعتماداً على الانسياب المعطى [11].

وكما نلاحظ لا تعطي جميع الطرائق الدور الهام من المعادلات السابقة، لذا كان لابد من استخدام بعض الثوابت للحصول على الدور الهام، وذلك كما يلي:

$$\bar{T} = 0.7775T_p \quad (26)$$

$$T_s = 1.05T_p \quad (27)$$

حيث:

$\bar{T}$ : الدور الوسطي ويقدر بالثانية.

$T_p$ : دور الذروة ويقدر بالثانية.

$T_s$ : الدور الهام ويقدر بالثانية [4].

تم باستخدام لغة الماتلاب وضع نموذج رياضي حاسوبي لحل معادلات الطرائق السابقة، ويبين الشكل (2) واجهة هذا النموذج. يتم إدخال سرعة الرياح ومسافة الانسياب الخاصة للحصول على ارتفاع الموجة العميقة الهامة ودورها.

الشكل (2): واجهة النموذج

### النتائج والمناقشة:

لقد أظهر التنبؤ بالموجات على الساحل السوري في اللاذقية باستخدام طريقة CEM، أنّ الأمواج وفق معظم الاتجاهات هي أمواج محدودة الارتفاع، في حين تكون محدودة الانسياب وفق اتجاه الجنوب لأجل جميع أزمنة العودة، وكذلك وفق اتجاه الغرب فقط لأجل سرعة رياح بزمان عودة 10 و25 و50 سنة، ويبين الجدول (3) قيم ارتفاع الموجة المهم وزمانها المحسوبين وفق الاتجاهات المختلفة بحسب طريقة CEM.

جدول (3): ارتفاع الموجة المهم وزمانها وفق الاتجاهات المختلفة بحسب طريقة CEM.

الاتجاه	زمن العودة مرة كل							
	1سنة		10سنة		25سنة		50سنة	
	ارتفاع الموجة المهم (م/ثا)	الدور المهم (ثانية)	ارتفاع الموجة المهم (م/ثا)	الدور المهم (ثانية)	ارتفاع الموجة المهم (م/ثا)	الدور المهم (ثانية)	ارتفاع الموجة المهم (م/ثا)	الدور المهم (ثانية)
S	1.98	6.46	3.26	7.64	3.61	7.9	3.72	7.98
SW	2.44	6.79	4.43	8.62	5.08	9.1	5.25	9.22
W	1.73	5.91	4.13	8.52	4.73	8.91	4.97	9.06
NW	1.51	5.61	2.7	7.06	3.18	7.55	3.52	7.86

في طريقة Wilson كانت الأمواج وفق معظم الاتجاهات محدودة الارتفاع، وهي محدودة انسياب فقط وفق اتجاه الجنوب لأجل جميع أزمنة العودة، وكذلك وفق اتجاه الغرب فقط لأجل سرعة رياح بزمان عودة 10 و25 و50 سنة، وأيضاً وفق اتجاه الجنوب غرب عند زمن العودة 50، ويبين الجدول (4) قيم ارتفاع الموجة المهم وزمانها المحسوبين وفق الاتجاهات المختلفة.

جدول(4): ارتفاع الموجة المهم وزمنها وفق الاتجاهات المختلفة بحسب طريقة Wilson.

الاتجاه	زمن العودة مرة كل							
	1سنة		10سنة		25سنة		50سنة	
	ارتفاع الموجة المهم(م/ثا)	الدور المهم (ثانية)	ارتفاع الموجة المهم(م/ثا)	الدور المهم (ثانية)	ارتفاع الموجة المهم(م/ثا)	الدور المهم (ثانية)	ارتفاع الموجة المهم(م/ثا)	الدور المهم (ثانية)
S	1.82	5.31	3.28	6.8	3.65	7.12	3.78	7.22
SW	2.74	6.43	5.13	8.54	5.89	9.1	6.01	9.16
W	1.87	5.4	4.09	7.58	4.73	8.05	4.98	8.23
NW	1.6	5.04	3.05	6.75	3.64	7.31	4.05	7.68

أما باستخدام طريقة Russian Code، فقد كانت الأمواج وفق معظم الاتجاهات محدودة مسافة الانسياق، في حين كانت محدودة الديمومة وفق اتجاه جنوب غرب لأجل زمن العودة 1 سنة فقط، ويبين الجدول(5) قيم ارتفاع الموجة المهم وزمنها المحسوبين وفق الاتجاهات المختلفة.

جدول(5): ارتفاع الموجة المهم وزمنها وفق الاتجاهات المختلفة بحسب طريقة Russian Code

الاتجاه	زمن العودة مرة كل							
	1سنة		10سنة		25سنة		50سنة	
	ارتفاع الموجة المهم(م/ثا)	الدور المهم (ثانية)	ارتفاع الموجة المهم(م/ثا)	الدور المهم (ثانية)	ارتفاع الموجة المهم(م/ثا)	الدور المهم (ثانية)	ارتفاع الموجة المهم(م/ثا)	الدور المهم (ثانية)
S	1.87	6.9	3.44	9.21	3.85	9.7	3.99	9.86
SW	3.31	9.26	5.62	11.85	6.18	12.34	6.32	12.45
W	1.96	7.09	4.3	10.28	5	11.02	5.27	11.29
NW	1.79	6.86	3.33	9.20	3.91	9.93	4.31	10.40

بالنسبة لطريقة SMB، فقد كانت الأمواج وفق معظم الاتجاهات محدودة الانسياق، وكانت محدودة الديمومة فقط وفق اتجاه الجنوب الغربي عند زمن العودة سنة واحدة، وكذلك عند اتجاه الشمال الغربي لأجل سنة واحدة وعشر سنوات، ويبين الجدول(6) قيم ارتفاع الموجة المهم وزمنها المحسوبين وفق الاتجاهات المختلفة.

جدول(6): ارتفاع الموجة المهم وزمنها وفق الاتجاهات المختلفة بحسب طريقة SMB.

الاتجاه	زمن العودة مرة كل							
	1سنة		10سنة		25سنة		50سنة	
	ارتفاع الموجة المهم(م/ثا)	الدور المهم (ثانية)	ارتفاع الموجة المهم(م/ثا)	الدور المهم (ثانية)	ارتفاع الموجة المهم(م/ثا)	الدور المهم (ثانية)	ارتفاع الموجة المهم(م/ثا)	الدور المهم (ثانية)
S	1.88	5.48	3.29	7.21	3.66	7.59	3.78	7.72
SW	2.93	6.84	5.45	9.3	5.91	9.66	6.02	9.75
W	1.99	5.65	4.10	8.05	4.72	8.62	4.96	8.83
NW	1.72	5.25	3.26	7.21	3.85	7.83	4.21	8.18

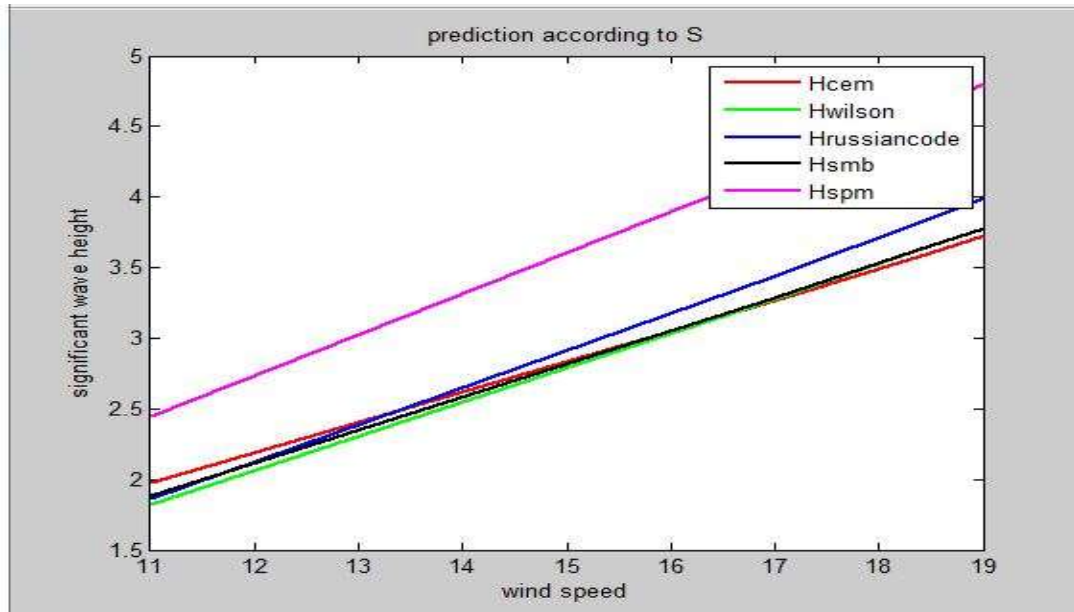
أما في طريقة SPM، فكانت الأمواج وفق معظم الاتجاهات محدودة الانسياق، في حين كانت محدودة الديمومة وفق اتجاه جنوب غرب لأجل زمن العودة 1سنة، وكذلك وفق الاتجاه شمال غرب لأجل زمن العودة سنة واحدة فقط، ويبين الجدول(7) قيم ارتفاع الموجة المهم وزمنها المحسوبين وفق الاتجاهات المختلفة.

جدول(7): ارتفاع الموجة المهم وزمنها وفق الاتجاهات المختلفة بحسب طريقة SPM.

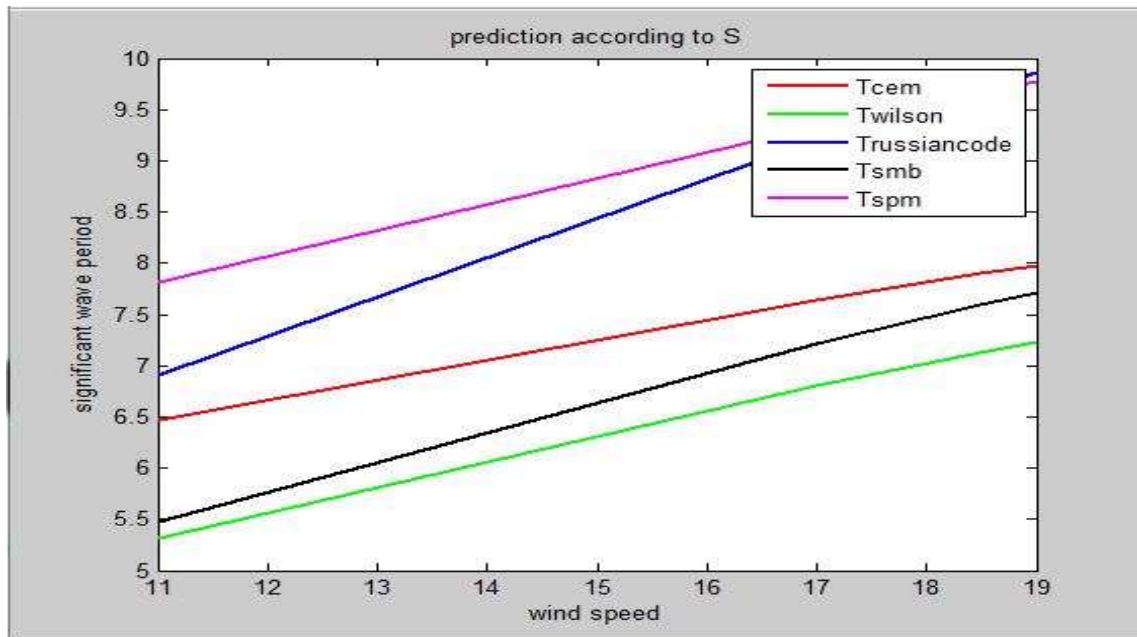
الاتجاه	زمن العودة مرة كل							
	1سنة		10سنة		25سنة		50سنة	
	ارتفاع الموجة المهم(م/ثا)	الدور المهم (ثانية)	ارتفاع الموجة المهم(م/ثا)	الدور المهم (ثانية)	ارتفاع الموجة المهم(م/ثا)	الدور المهم (ثانية)	ارتفاع الموجة المهم(م/ثا)	الدور المهم (ثانية)
S	2.45	7.81	4.18	9.34	4.64	9.67	4.8	9.78
SW	4.27	10.26	7.49	12.62	8	12.71	8.13	12.73
W	2.68	8.30	5.32	10.43	6.12	10.93	6.43	11.11
NW	2.55	8.34	4.54	10.38	5.21	10.87	5.68	11.18

تبين الأشكال من(3) إلى (10) منحنيات العلاقة ما بين سرعة الرياح وارتفاع الموجة، وما بين سرعة الرياح ودور الموجة، لأجل جميع الطرائق السابقة وفق أربعة اتجاهات تم رسمها باستخدام الواجهة، التي تم تصميمها ضمن Matlab. من أجل اتجاه الجنوب، أعطت طرائق CEM و WILSON و RUSSIAN CODE و SMB ارتفاعات أمواج متقاربة من أجل سرعات رياح بين 11 و 14 متر / ثانية، في حين أعطت طريقة RUSSIAN CODE قيماً أكبر بقليل عند زيادة السرعة عن 15 متر / ثانية، أما طريقة SPM فقد أعطت قيم ارتفاعات أمواج أعلى من الطرائق الأخرى من أجل جميع مجالات السرعة، مع ازدياد التباين مع زيادة السرعة.

كما أعطت CEM و Wilson و SMB نتائج متقاربة لدور الموجة إلى حد ما، في حين أعطت Russia Code و SPM نتائج مختلفة حيث كانت تتقارب مع زيادة سرعة الرياح.



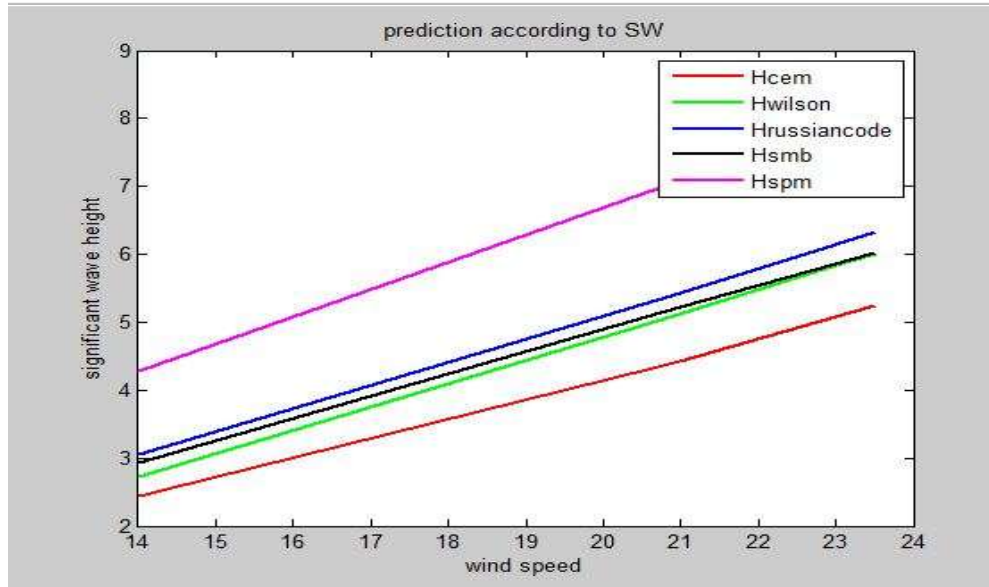
الشكل(3): ارتفاع الموجة المحسوب وفق اتجاه الجنوب



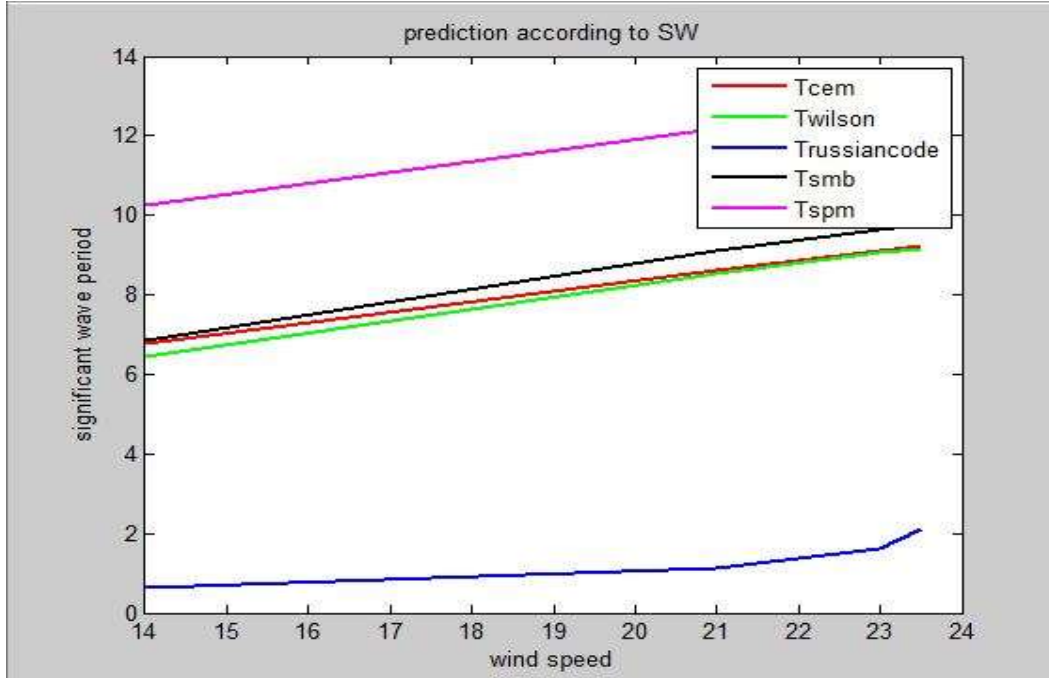
الشكل(4): دور الموجة المحسوب وفق اتجاه الجنوب.

من أجل اتجاه جنوب غرب، أعطت طرائق WILSON و RUSSIAN CODE و SMB ارتفاعات أمواج متقاربة، إلا أن Russian Code أعطت قيمة أكبر بقليل، في حين أعطت طريقة SPM قيم ارتفاعات أعلى بكثير من الطرائق الأخرى، أما طريقة CEM فقد أعطت قيم ارتفاعات أقل من بقية الطرائق، مع ازدياد الارتفاعات مع تزايد السرعة.

أما بالنسبة للدور فقد أعطت CEM و Wilson و SMB نتائج متقاربة لأجل سرعة رياح بين 14 و 16 متر/ثانية، في حين أعطت SMB نتائج أعلى بقليل مع زيادة السرعة عن 16 متر/ثانية، كما أعطت Russian Code نتائج أقل بكثير من بقية الطرائق، وأما طريقة SPM فقد أعطت نتائج أكبر من الطرائق الأخرى.



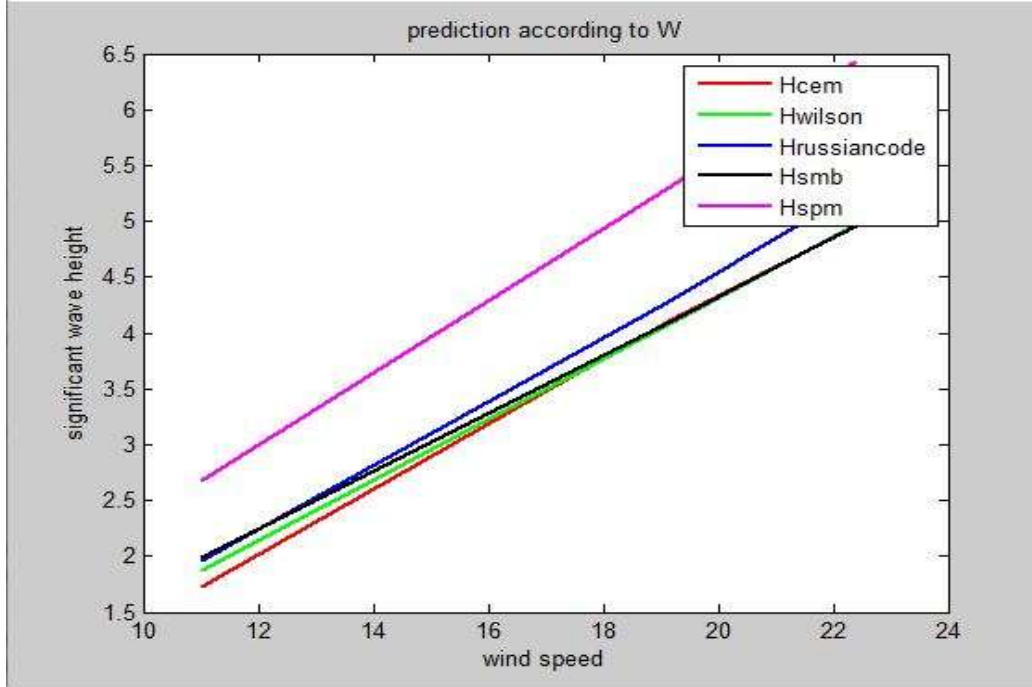
الشكل(5): ارتفاع الموجة وفق اتجاه الجنوب الغربي



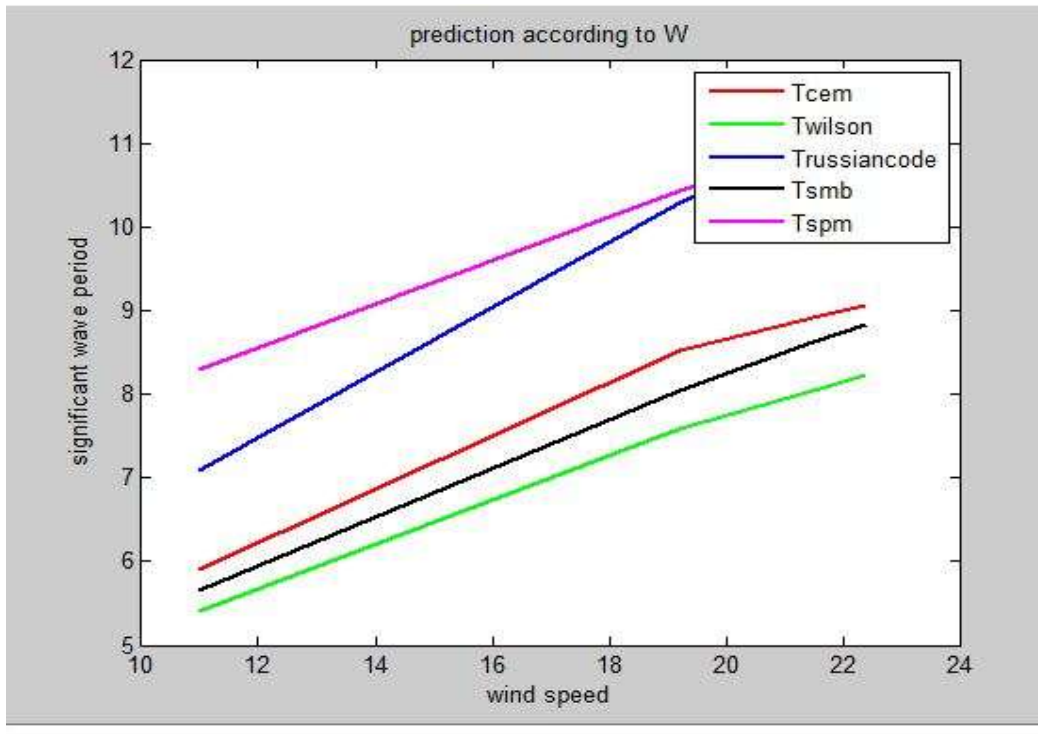
الشكل(6): دور الموجة وفق اتجاه الجنوب الغربي

من أجل اتجاه الغرب، أعطت طرائق CEM و WILSON و Russian Code و SMB ارتفاعات أمواج متقاربة لأجل سرعة رياح من 12 إلى 16 متر/ثانية، إلا أن Russian Code أعطت قيمة أكبر مع زيادة سرعة الرياح عن

16متر/ثانية، في حين أعطت طريقة SPM قيم ارتفاعات أعلى. بالنسبة لدور الموجة أعطت CEM و Wilson و SMB نتائج متقاربة إلى حد ما، في حين أعطت Russian Code, SPM نتائج مختلفة عن بقية الطرائق، إلا أنها كانت تتقارب بشكل كبير لأجل سرعة رياح أكبر من 20متر/ثانية.



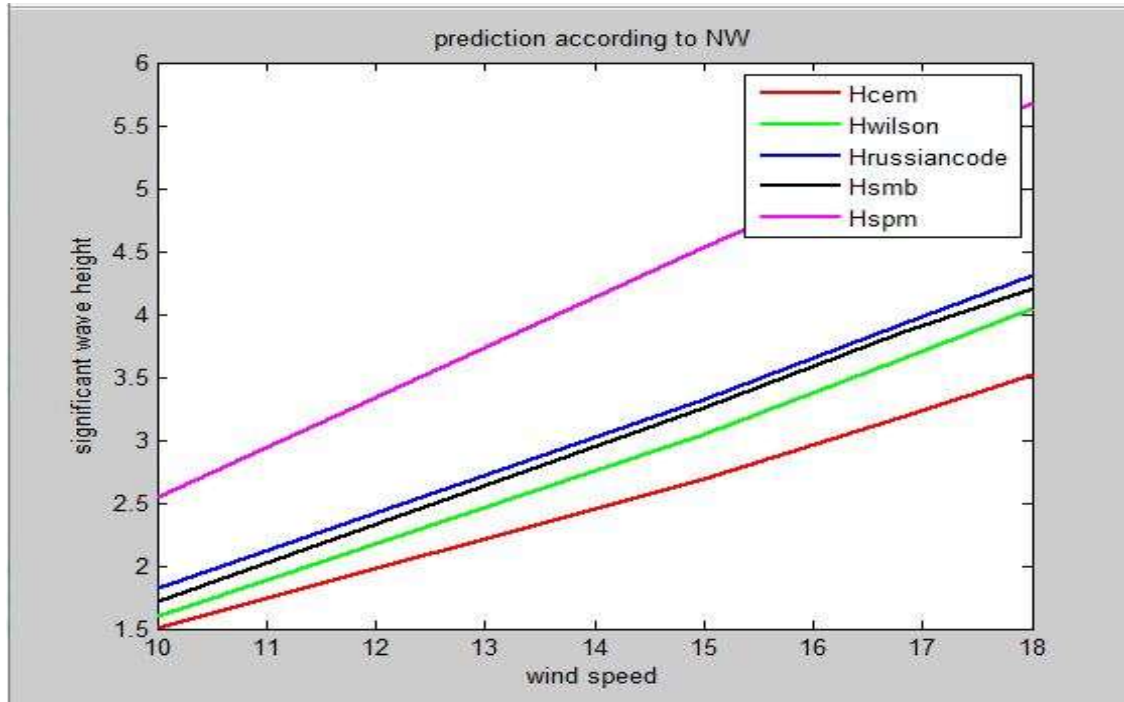
الشكل(7): ارتفاع الموجة وفق اتجاه الغرب



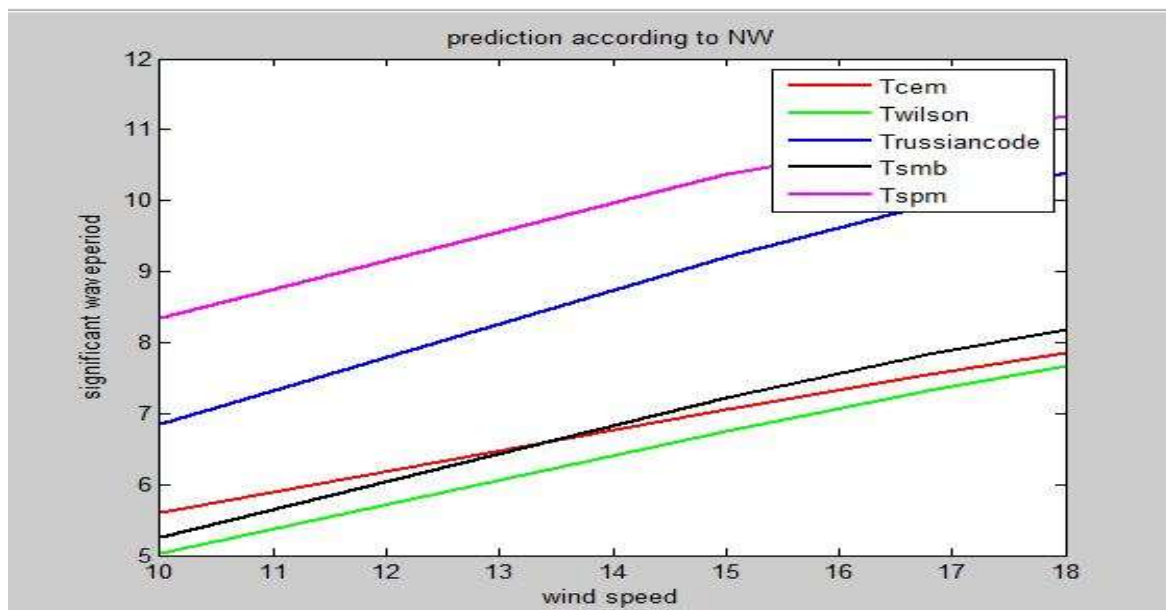
الشكل(8): دور الموجة وفق اتجاه الغرب



من أجل اتجاه شمال غرب، فقد أعطت طرائق CEM و Wilson و Russian Code و SMB ارتفاعات أمواج متقاربة لأجل سرعة رياح من 10 إلى 11 متر/ثانية، إلا أن طريقة CEM أعطت قيما أقل مع زيادة سرعة الرياح عن 11 متر/ثانية، في حين أعطت طريقة SPM قيم ارتفاعات أعلى. بالنسبة لدور الموجة أعطت طرائق CEM و Wilson و SMB نتائج متقاربة لحد ما، في حين أعطت Russian Code و SPM نتائج مختلفة، حيث كانت تتقارب مع زيادة سرعة الرياح.



الشكل(9): ارتفاع الموجة وفق اتجاه الشمال الغربي



الشكل(10): دور الموجة وفق اتجاه الشمال الغربي



## الاستنتاجات والتوصيات:

### الاستنتاجات:

لقد أعطت طرائق CEM, SMB, Wilson والكود الروسي نتائج متقاربة لارتفاع الموجة بنسب تراوحت بين 73% و95%، حيث كانت نسب التقارب كبيرة لأجل الأمواج محدودة مسافة الانسياق، أما طريقة SPM، فقد أعطت نتائج مختلفة، كما تقاربت نتائج CEM, SMB, Wilson بنسب تراوحت بين 84% و94% عند حساب دور الموجه، وقد أعطت طريقتا Russian Code و SPM نتائج متقاربة عند حساب الدور بنسب تراوحت بين 82% و مايزيد عن 99%، وقد تزايدت نسبة التقارب مع زيادة سرعة الرياح وفق كل اتجاه، ولكنها مختلفة عن الطرائق الأخرى، كما يمكن استخدام أي من الطرائق التي تقاربت نتائجها عند تحديد مواصفات الأمواج التصميمية المستخدمة في حساب المنشآت الشاطئية والبحرية.

### التوصيات:

- 1- العمل على سد النقص في المعلومات الحقلية الخاصة ببيانات الأمواج على الشاطئ السوري من خلال إنشاء محطات قياس مزودة بأحدث تقنيات قياس الأمواج.
- 2- يُفضّل بناء نماذج عددية دقيقة تعتمد على طيف الموجة لأنها تعطي نتائج أكثر دقة على الرغم من إمكانية الاعتماد على الطرائق المبسطة لتحديد بارامترات الأمواج نظراً لكونها توفر الجهد والتكاليف.

## المراجع:

- 1- البني، دانا. حساب عناصر أمواج الرياح حالة دراسة: منطقة شاطئ اللاذقية. أطروحة ماجستير، سوريا، 2018، 98.
- 2- ابراهيم، بهجت. دراسة بعض خصائص الرياح والأمواج البحرية على شاطئ مدينة طرطوس . مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية، سوريا، مجلد30، العدد3، 2008.
- 3- DUBEY, R. P; DAS, B. *Long Term Ocean Wave Forecasting Along Indian Coast*. Indian Water Resource Society India, Vol. 33, N<sup>o</sup>.2, 2013, 24-29.
- 4- AKPINAR, A; OZGER, M; BEKIROGLU, S; KAMURCU, M.I. *Performance Evaluation Of Parametric Models In The Hindcasting Of Wave Parameters along The South Coast Of Black Sea*. Indian Journal Of Geo-Marine Science India, N<sup>o</sup>.6, Vol.43, 2014.
- 5- SHAHIDI, A.E; KAZEMINEZHAD, M.H; MOUSAVI, S.J. *On The Prediction Of Wave Parameters Using Simplified Methods*. Journal of Coastal Research Iran, SI56, 505-509, 2009.
- 6- SOYUZMORNIIPROEKT. *Extension of the port of Latakia*. 2004, Book 3.
- 7- *Guidelines for Calculating the loads and Effects of Waves, Vessels and Ice on Marinehydraulic structures*. R 31.3.07-01.M .: Soyuzmorniproekt, 2002. 75C.
- 8- محمد، محمد. دراسة حركة الأمواج ضمن مرفأ اللاذقية باستخدام نموذج CGWAVE. أطروحة ماجستير، سوريا، 2013، 97.
- 9- LAING, A. K; MAGNUSSON, A.K; GEMMILL, W; BURROUGHS, L; REISTAD, M; KHANDEKAR, M; HOLTHIJSEN, L; EWING, A. J; CARTER, D. J. *Guide To Wave Analysis and Forecasting*. 2<sup>nd</sup>. ed., World Meteorological Organization, Switzerland, 1998, 168.

- 10-GODA, Y; ASCE, M. *Revisiting Wilson's Formulas for Simplified Wind-Wave Prediction*. Journal of Waterway Port Coastal and Ocean Engineering Japan, 2003, 93-95.
- 11-TUR,R; PEKPOSTALCI,P.S; KUCUKOSMANOGLU,O.A; KUCUKOSMANOGLU, A. *Prediction of Significant Wave Height Along Konyaalti Coast*. International Journal of Engineering & Applied Science(IJEAS) Turkey, vol.9,2017,106-114.