عنوان: نمذجة الفيضانات الجارفة في المناطق الجافة

اسم: كاشف نورنورمالك
اسم المشرف: عمروالفقي

الملخس

تعتبر السيول الجارفة من الظواهر الكارثية. فهي تدمر كل شيء تأتي عليه. وتعتبر تأثيراتها أخطر في المناطق الجافة. الغرض من هذه الدراسة هو تقييم وتحليل السيول الجارفة في المناطق الجافة من خلال المنظور الهيدروليكي والذي يأخذ في الاعتبار السلوك الديناميكي للسيل.

يمكن تقسيم الغرض من هذه الدراسة إلى محورين رئيسيين: المحور الأول هو بحث تطبيق معادلة الموجه المشتتة (**Diffusive wave**) في بُعد واحد (**One Dimension**) على الاودية في المناطق الجافة. باستخدام طريقة الحل التحليلي (**Analytical Solution**) الذي استنتجه هيامي (**Hayami**) لحل معادلة الفيضانات في الأنهار. والمحور الثاني هو بحث معادلة الموجه المشتتة في بُعدين باستخدام الطرق الاتفاقية (**Stochastic Approach**) لحل معادلة السيل في المناطق السكنية والتي يتحرك فيها السيل في بعدين (**Two Dimensions**).

تتكون هذه الرسالة من:

(1) تطوير وتعميم الحل التحليلي الذي قام به الباحث (**Hayami**) لدراسة السيول في الأودية.

(2) تطوير خوارزم عددي (**Numerical Algorithm**) لمحاكاة السيول في المناطق السكنية باستخدام طريقة المشي العشوائي للجريئات (**RWPT،Random walk particle technique**).

بخصوص الجزء الأول من الرسالة فقد تم تطوير وتعميم طريقة **Hayami** بإضافة معامل إضافي يطلق عليه معامل الاضمحلال لموجة السيل (**Decay coefficient**) والذي يلعب دور هاماً في المناطق الجافة والذي يؤثر بدوره على ذروة السيل وشكل منحنى السيل (**hydrograph**) اثناء مروره في الوادي. كما أنه تم تطوير النموذج لكي يتناول أي شكل لمنحنى السيل. ولقد تم عمل برنامج على إكسل (**Excel**) لتطبيق هذه الطريقة. ولقد تم اختبار البرنامج على حالات تم دراستها من قِبَل **Hayami** وكانت النتائج متماثلة تماماً. كما تم تطبيق البرنامج على حوض وادي يبه (**Yiba catchment**) واظهر نتائج

جيدة وتبين من خلال الدراسة أن معامل التشتت **(Diffusion coefficient)** في وادي يبه يتراوح بين **50** إلى **400** م^3/ث وهو أقل بكثير من قيمته في الأنهار والذي يكون أكبر من **1000**م^3/ث .

أما بخصوص الجزء الثاني من الرسالة والذي يتعلق بدراسة السيول في المناطق السكنية باستخدام طريقة المشي العشوائي للجزيئات **(RWPT)** فهي تعتبر طريقة جديدة للتعامل مع السيول. والسبب لتناول هذه الطريقة هو أن الطرق التقليدية والمتعارف عليها في هذا المجال عادة ما يكون بها عيوب مثل التشتت العددي والتذبذب الصناعي في الحل والذي أحياناً يؤدي إلى عدم استقرار في حل المعادلات خصوصاً في بُعدين حيث تكون المعادلات أكثر تعقيداً بينما طريقة **RWPT** هي طريقة اتفاقية تحاكي حركة السيل من الناحية الفيزيائية ولا يوجد بها مشاكل الطريق التقليدية التحديدية **(Determinate)**. وتعتمد طريقة **RWPT** على أن كل جزئ في الطريقة يحمل حجم معين من المياه ويتحرك الجزئ في الوسط بحركة نقل **(advection)** وحركة مشتتة **(Diffusive)** . وتم تطوير برنامج كمبيوتر بلغة **FORTRAN** لتطبيق الطريقة. وقد تم التحقق من البرنامج عن طريق تطبيقه على نتائج تجريبه من خلال تجربة معملية ذات مقياس كبير لدراسة السيول وبياناتها متوفرة في الأدبيات المنشورة. كم تم التحقق من البرنامج أيضاً من خلال تطبيقه على حادثة جدة **2009** . وقد بينت النتائج قوة النموذج وكفاءته في محاكاة كلا التجارب المعملية و حادثة جدة **2009** .

Title: Modelling of Flash Floods in Arid Regions

Name: Kashif Noor

Supervisor Name: Amro Elfeki

ABSTRACT

The impacts of flash floods are catastrophic and devastating. They can destroy anything that comes in their way and are mostly noticeable in arid regions. Therefore, arid regions are more susceptible to such devastating events. The purpose of this study is to assess and analyze the impacts of flash floods in arid regions from the hydraulic perspective that takes into account the understanding of the dynamic behavior of flash flood events. The objectives of this work are classified into two broad categories. One of the main objectives is to investigate a one dimension diffusive wave (1D DW) equation using the Hayami analytical solution and another main objective of this study is to investigate a two dimension (2D) DW equation based on the new stochastic approach; i.e. the stochastic random walk particle tracking (RWPT) technique.

This study is comprised of: (1) the development and generalization of the Hayami solution (Analytical solution) for a 1D diffusive flood wave (DFW) case, and (2) the development of the numerical algorithm for the simulation of a 2D DFW case using the RWPT.

A Hayami analytical solution for the propagation of a 1D diffusive flood wave is developed and generalized. This developed solution takes into account an additional term, known as the 'Decay Coefficient' which plays a significant role in the arid regions that can influence the shape and the peak of a flood hydrograph while passing in an ephemeral stream. The Hayami solution is generalized in the sense that it can handle any shape of the inflow storm hydrograph. Furthermore, a spreadsheet model of the developed and generalized Hayami solution referred as 'SMHS' is proposed and presented. The model takes an inflow flood

hydrograph, comprising of ten unit floods (Pulses). It is tested on two Hayami examples that show identical results. Moreover, sensitivity analysis is performed for the selection of a number of pulses that can influence and sway the accuracy of the simulated results. Taking 10 pulses as a reference case, RMSE converges from 0.7 at one pulse to 0.03 at eight pulses. In addition, the flexibility and the significance of this model is proven by its application on the real field data of Yiba catchment, located in Saudi Arabia where the diffusion coefficient larger than 400 m^2/s shows the divergence of the RMSE and the values between 50 m^2/s and 400 m^2/s are the fair estimates.

The RWPT (a stochastic method) is used in this study for the solution of a 2D non-linear DW equation. The novelty of this approach has been discussed. In literature, the traditional deterministic numerical methods are usually applied for the investigation of a DFW studies. These numerical methods incurred different pitfalls; for instance, numerical diffusion and artificial oscillations that lead to instability issues. However, on the other hand, the stochastic methods are free from such pitfalls and add more realistic behavior to the transformation of the physical appearance of nature to the numerical equations. In the RWPT method, each particle carries a fixed amount of water volume. The superposition of the convective movement and the diffusive movement of these particles in the flow domain provide an analogy with the movement of a diffusive flood wave in the same flow domain and hence the solution of RWPT leads to the solution of a DW equation. The proposed model was first applied to a hypothetical urbanized city in order to assess its capabilities, behavior, and performance. The algorithm for the RWPT model is modified in phases. First, the algorithm is modified for handling the different shapes of hydrographs for a single pulse case. These different shapes are represented by different types of pulses. They are: (1) a pulse with an instantaneous duration, (2) a pulse with an infinite duration, and (3) a pulse with a finite duration. Then, the algorithm is further improved to handle any complex shape of inflow hydrographs, represented by a number of pulses having different strengths. The model is validated based on two approaches: (1) validation based on experimental data, and (2) validation based on the data of a real flood event. Both validations show that the model produces plausible and commendable results. It is also applied for modelling the flash flood event that occurred in Jeddah in 2009. The simulations produce reliable and convincing results.