



جمهورية العراق
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة كربلاء
كلية الإدارة و الاقتصاد
قسم الاحصاء
الدراسات العليا

أختيار افضل طريقة تقدير معولية نيتروسوفيك (CasCade) مع تطبيق عملي

إطروحة مقدمة الى مجلس كلية الإدارة و الاقتصاد في جامعة كربلاء
و هي جزء من متطلبات نيل درجة دكتوراه فلسفة في علوم الإحصاء

من قبل

تماره علي غني

إشراف

أ.د. مهدي وهاب نعمة نصر الله

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

عِنْدَهُ مَفَاتِحُ الْغَيْبِ لَا يَعْلَمُهَا إِلَّا
هُوَ وَيَعْلَمُ مَا فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ وَمَا
تَسْقُطُ مِنْ وَرَقَةٍ إِلَّا يَعْلَمُهَا وَلَا حَبَّةٌ
فِي ظُلْمَتِ الْأَرْضِ وَلَا رَطْبٌ وَلَا
يَابِسٌ إِلَّا فِي كِتَابٍ مُبِينٍ

صدق الله العلي العظيم

(الانعام: الآية: 59)

إقرار المشرف

أشهد بأن إعداد هذه الأطروحة الموسومة (اختيار أفضل طريقة تقدير معولية نيتروسوفيك (Cascade) مع تطبيق عملي والتي تقدمت بها الطالبه " تماره علي غني" قد جرى بإشرافي في قسم الاحصاء - كلية الادارة والاقتصاد - جامعة كربلاء ، وهي جزء من متطلبات نيل درجة دكتوراه فلسفة في علوم الاحصاء.



أ.د. مهدي وهاب نعمة نصر الله

التاريخ: / / 2025

توصية رئيس قسم الاحصاء

بناءً على توصية الاستاذ المشرف، أشرح الأطروحة للمناقشة.



م.د. بشار خالد علي

رئيس قسم الاحصاء

التاريخ: / / 2025

إقرار رئيس لجنة الدراسات العليا

بناء على اقرار الخبيرين العلميين والخبير اللغوي على أطروحة الطالب " تماره علي غني " الموسومة ب (اختيار أفضل طريقة تقدير معولية نيتروسوفيك (Cascade) مع تطبيق عملي) ارشح هذه الأطروحة للمناقشة.

أ. م . د. حيدر عباس الجنابي

رئيس لجنة الدراسات العليا

معاون العميد للشؤون العلمية والدراسات العليا

مصادقة مجلس الكلية

صاحب مجلس كلية الادارة والاقتصاد / جامعة كربلاء على قرار لجنة

المناقشة.

أ.م.د. هاشم جبار الحسيني

عميد كلية الادارة والاقتصاد- جامعة كربلاء

٢٠٢٥ / /

إقرار الخبير اللغوي

أشهد بأن الأطروحة الموسومة (اختيار أفضل طريقة تقدير معولية نيتروسوفيك
(Cascade) مع تطبيق عملي) قد جرى مراجعتها من الناحية اللغوية تحت اشرافي
اذ أصبحت خالية من الاخطاء اللغوية ولأجله وقعت.



الخبير اللغوي

م.د. صلاح مهدي جابر

الإهداء...

إلى ...

من لا يضيع عنده جهد الساعين , ولا يخيب فيه رجاء الطامعين , الى الله عز وجل الكريم المنان , الذي منّ عليه بنعمة العلم والصبر والسعي , أرفع شكري وحمدي , وادعوه أن يجعل عملي هذا خالصاً لوجهه الكريم , نافعا لعباده شاهداً لي لا علي يوم القاه .
الى من لولاه ما اهتدينا ولا تلونا كتابه ولا صلينا , الى النور الذي أضاء القلوب , والرحمة المهداة للعالمين , سيدنا وحبينا محمد (صلى الله عليه واله وسلم) , أهدي ثمرة جهدي هذه راجيا ان اكون من المتمسكين بولايته , السائرين على نهج أهل بيته الطاهرين , صلوات الله وسلامه عليهم أجمعين .

الى مصدر الاطمئنان والدي الحبيب حفظه الله تعالى من كل سوءدمت لي أبا وسندا مدى الحياة. لي من كانت الدعوة الأولى، والدمعة الأولى، والبسمة التي لا تغيب،

إلى من صنعت من صبرها أجنحةً ألق بها، ومن حنانها وطناً لا أنزح عنه، إلى أمي...

نبع الحبّ، وظلّ الدعاء، ومصدر السلام في فوضى الحياة، كل حرفٍ في هذا العمل يحمل من طيفك شيئاً، ومن صوتك دفناً، ومن رضاك نوراً، أهديك ما كتبتُ، وما سأكتب، فكل إنجازٍ لي يبدأ من دعائك وينتهي عند قدميك. اللهم احفظها لي، واسأل الله أن يديمك نورا في حياتي.

الى إخوتي وأخواتي، الذين كانوا مصدر الألهام والتشجيع في كل خطوة من خطوات حياتي الأكاديمية ، أهدي لكم هذا العمل الذي لا يمكنني أن أنجزه دون دعمكم المتواصل.

تمارة ...

شكر وإمتنان...

الحمد لله على تمام النعمة واكتمال الفضل، والصلاة والسلام على خاتم الأنبياء والمرسلين، نبينا محمد وعلى آله وصحبه أجمعين.

في هذه اللحظة التي أختتم فيها هذا العمل، لا يسعني إلا أن أتقدم بأسمى آيات الشكر والتقدير لكل من ساهم في دعمي وتوجيهي خلال هذه الرحلة العلمية.

أبدأ بحمد الله وشكره على التوفيق والإلهام الذي منّ به عليّ، وأسأله أن يجعل هذا الجهد في ميزان حسناتي، وأن ينفع به العلم وأهله.

وأنتقدم بجزيل الشكر والتقدير إلى أعضاء لجنة المناقشة الكرام، لما قدموه من ملاحظات علمية قيمة وجهود مشكورة أسهمت في إثراء هذا العمل وتطويره

كما أتوجه بخالص الشكر والعرفان إلى مشرفي الفاضل، الأستاذ الدكتور [مهدي وهاب نعمة نصر الله] ، الذي لم يدخر جهداً في توجيهي وإرشادي، وقدم لي من وقته وخبرته الكبيرة، فله مني كل الشكر والتقدير على دعمه المتواصل ونصائحه الثمينة.

كما أتقدم بالشكر الجزيل إلى جميع أساتذتي وخاصة دكتور باسم شلبية الذي لم يبخل عليّ بمعلوماته وخبراته دون كلل أو ملل، حيث كان مرشداً لي في هذا المشوار الأكاديمي.

كما أوجه أعمق آيات الشكر والامتنان إلى عائلتي الكريمة، التي كانت لي الداعم الأول في كل لحظة. والديّ الحبيبين، وإخوتي وأخواتي، أنتم الأساس الذي بنيت عليه كل نجاح، ووقوفكم إلى جانبي كان الحافز الأكبر للاستمرار.

ولا يفوتني أن اخص بالشكر وعظيم الامتنان الى أهلنا الكرام في محافظة واسط ومحافظة العمارة الذين مد لي يد العون وكانوا مثالا في حسن تعاملهم وأصالتهم الأثر الكبير في إنجاز هذا العمل، فلكم مني كل المحبة والتقدير.

وأخص بالشكر زملائي الأعزاء، و الى صديقتي الغالية... الى الاخت التي لم تنجبها أمي ورفيقة دربي أهدي اليك كل الشكر والامتنان لوجودك الدائم بجانبني، ودمتي لي صديقة وأختا مدى الحياة .

ولا أنسى أن أقدم شكري لكل من ساهم بكلمة أو فعل في إنجاز هذا العمل، فلكم مني كل الامتنان والتقدير.

الباحثة...

قائمة المحتويات

الصفحة	الموضوع
ب	الآية القرآنية
ج	الإهداء
د	شكر وامتنان
ق	المستخلص
1-33	الفصل الأول (منهجية الأطروحة والاستعراض المرجعي)
1-2	1.1 المقدمة (Introduction)
2	1.2 مشكلة الأطروحة: (Problem of thesis)
3	1.3 هدف الأطروحة: (Aim of thesis)
3-8	1.4 الاستعراض المرجعي: (Review of Literature)
9-24	الفصل الثاني (الجانب النظري)
	المبحث الأول
9	تمهيد (Preface)
9	2.1 وقت الفشل (Failure time)
9-10	2.2 دالة الكثافة الاحتمالية للفشل (Failure Density Function)
10	2.3 دالة الاحتمال التجميعي للفشل (Failure Cumulative Function)
11-12	2.4 دالة المعولية (Reliability Function)
12-14	2.5 معولية الانظمة (Reliability of Systems)

14-15	2.5.1 النظام المتسلسل (نظام التوالي) (Series System)
15-16	2.5.2 النظام المتوازي (Parallel System)
17	2.5.3 الانظمة المشتركة (Combined Systems)
17-20	2.5.4 نظام الاحتياطي (Redundancy system)
20-23	2.5.5 نظام التتالي الإجهاد – المتانة Cascade
23-24	2.6 الإنموذج الرياضي العام لنظام التتالي Cascade (Cascade General Mathematical Model)
25-26	2.9 المنطق النتروسوفيكي (Neutrosophic Logic)
26	2.10 المجموعة النتروسوفيقية (Neutrosophic Set)
26-27	2.11 الاحصاء النتروسوفيكي (Neutrosophic Statistics)
27-28	2.12 الاعداد النتروسوفيقية (Neutrosophic Numbers)
29	2.13 التوزيع النتروسوفيكي (Neutrosophic distribution)
29-36	2.14 توزيع Shukla (Shukla Distribution)
37-43	2.15 توزيع Shukla النتروسوفيكي - DUS المضاعف المقترح (Doubly DUS- Neutrosophic Shukla Distribution)
43-51	2.16 معولية نظام Cascade بالاستناد على توزيع (DUS-Shukla) النتروسوفيكي (DUS-Neutrosophic Shukla)
52	2.17 طرائق تقدير معلمات توزيع (DUS-Shukla) النتروسوفيكي (DUS-) (Neutrosophic Shukla)
52--56	2.17.1 الخوارزمية الجينية (Genetic Algorithm)
56-60	2.17.2 خوارزمية الحوت الأحدب (Humpback Whale Algorithm)

60-64	2.17.3 خوارزمية الذئب الرمادي (Grey Wolf Optimizer - GWO)
	الفصل الثالث (الجانب التجريبي)
65	تمهيد (Preface)
65-66	3.1 سلوك معولية نظام Cascade لتوزيع (DUS-DNS)
67	3.2 مفهوم المحاكاة (Simulation Concept)
67-70	3.3 مراحل تجارب المحاكاة (Simulation Steps)
70-93	3.4 مناقشة تجارب المحاكاة
94-100	الفصل الرابع (الجانب التطبيقي)
94	تمهيد (Preface)
94	4.1 نبذة عن الشركة العامة لتصنيع الحبوب
94-97	4.2 البيانات التطبيقية (Applied data)
97	4.3 اختبار البيانات (Data test)
97-99	4.4 ايجاد وقت الفشل النيتروسوفيكي (Netrosophic variable)
100-105	4.5 تحليل البيانات الحقيقية (Data Analysis)
108-122	الفصل الخامس (الاستنتاجات والتوصيات)
106	5.1 الإستنتاجات (Conclusions)
107	5.2 التوصيات (Recommendations)
108-122	المصادر

108-109	أولاً: المصادر العربية
109-122	ثانياً: المصادر الأجنبية
A	Abstract

قائمة الجداول

الصفحة	عنوان الجدول	رقم الجدول
65-66	المعولية الحدية $R(2)$, $R(1)$ مع معولية النظام R_2 عندما الإجهاد والمتانة تتبع توزيع (DUS-DNS) باستعمال عامل توهين $k = 0.5$.	3-1
66	المعولية الحدية $R(3)$ مع معولية النظام R_2 عندما الإجهاد والمتانة تتبع توزيع (DUS-DNS) باستعمال عامل توهين $k = 0.5$	3-2
68	القيم الافتراضية للمعاملات والتجارب المختلفة	3-3
71-72	تقدير معولية نظام CASCADE ومتوسط مربعات الخطأ التكاملية المجمع لتوزيع (DUS-DNS) لجميع طرائق التقدير وعند كافة حجوم العينات للتجربة الأولى	3-4
75-76	تقدير معولية نظام CASCADE ومتوسط مربعات الخطأ التكاملية المجمع لتوزيع (DUS-DNS) لجميع طرائق التقدير وعند كافة حجوم العينات للتجربة الثانية	3-5
79-80	تقدير معولية نظام CASCADE ومتوسط مربعات الخطأ التكاملية المجمع لتوزيع (DUS-DNS) لجميع طرائق التقدير وعند كافة حجوم العينات للتجربة الثالثة	3-6
84-85	تقدير معولية نظام CASCADE ومتوسط مربعات الخطأ التكاملية المجمع لتوزيع (DUS-DNS) لجميع طرائق التقدير وعند كافة حجوم العينات للتجربة الرابعة	3-7
88-89	تقدير معولية نظام CASCADE ومتوسط مربعات الخطأ التكاملية المجمع لتوزيع (DUS-DNS) لجميع طرائق التقدير وعند كافة حجوم العينات للتجربة الخامسة	3-8
92	نتائج الافضلية وعدد مرات الافضلية لكل خوارزمية وحسب احجام العينات	3-9

95-97	اوقات تشغيل ماكنات طحن الحبوب في الشركة العامة لطحن الحبوب	4-1
97	نتائج اختبار ملائمة البيانات	4-2
98-99	اوقات تشغيل النيتروسوفيكية ماكنات طحن الحبوب في الشركة العامة لطحن الحبوب	4-3
100	نتائج تقدير المعولية اليتروسوفيكية الحدية الاولى $R_{(1)}$ وفقاً لخوارزمية الذئب الرمادي	4-4
101	نتائج تقدير المعولية اليتروسوفيكية الحدية الثانية $R_{(2)}$ وفقاً لخوارزمية الذئب الرمادي	4-5
101-102	نتائج تقدير معولية النظام اليتروسوفيكية R_2 وفقاً لخوارزمية الذئب الرمادي	4-6
102-103	نتائج تقدير المعولية اليتروسوفيكية الحدية الثالثة $R_{(3)}$ وفقاً لخوارزمية الذئب الرمادي	4-7
103	نتائج تقدير معولية النظام اليتروسوفيكية R_3 وفقاً لخوارزمية الذئب الرمادي	4-8

قائمة الاشكال

الصفحة	عنوان الشكل	رقم الشكل
10	منحنى دالة الكثافة الاحتمالية للفشل	2-1
11	منحنى دالة الكثافة التجميعية للفشل	2-2
12	منحنى دالة المعولية	2-3
15	النظام المتسلسل المكون من n مركبة	2-4

16	النظام المتوازي المكون من n مركبة	2-5
17	مخطط النظام المختلط (المتسلسل - المتوازي) المكون من اربعة مركبات	2-6
18	الاحتياطي منخفض المستوى	2-7
19	الاحتياطي مرتفع المستوى	2-8
32	منحنى دالة الكثافة الاحتمالية لتوزيع Shukla عندما $\alpha=1,2,3,4,5$	2-11
33-34	منحنى دالة الكثافة الاحتمالية التراكمية لتوزيع Shukla عندما $\alpha=1,2,3,4,5$ و $\theta=0.5, 0.8, 1$ على التوالي	2-12
35	منحنى دالة المعولية لتوزيع Shukla عندما $\alpha=1,2,3,4,5$ و $\theta=0.5, 0$ على التوالي $8, 1$	2-13
36	منحنى دالة المخاطرة لتوزيع Shukla عندما $\alpha=0.5, 1, 2, 5$ و $\theta=0$ على التوالي $3, 0.5, 0.8, 1, 1.2$	2-14
41	منحنى دالة الكثافة الاحتمالية للتوزيع المقترح	2-15
42	منحنى دالة الكثافة الاحتمالية التراكمية للتوزيع المقترح	2-16
42	منحنى دالة المعولية للتوزيع المقترح	2-17
56	خطوات الخوارزمية الجينية	2-18
64	مخطط خوارزمية الذئب الرمادية	2-19
72	منحنى دالة معولية نظام CASCADE النيتروسوفيكية لتوزيع (DUS-DNS) لجميع طرائق التقدير عند حجم عينة (n=25) للتجربة الأولى	3-1
73	منحنيات معولية نظام CASCADE النيتروسوفيكية لتوزيع (DUS-DNS) لجميع طرائق التقدير عند حجم عينة (n=50) للتجربة الأولى	3-2
73	منحنيات معولية نظام CASCADE النيتروسوفيكية لتوزيع (DUS-DNS) لجميع طرائق التقدير عند حجم عينة (n=75) للتجربة الأولى	3-3

74	منحنيات معولية نظام CASCADE النيتروسوفيكية لتوزيع (DUS-DNS) لجميع طرائق التقدير عند حجم عينة (n=100) للتجربة الأولى	3-4
77	منحنى دالة معولية نظام CASCADE النيتروسوفيكية لتوزيع (DUS-DNS) لجميع طرائق التقدير عند حجم عينة (n=25) للتجربة الثانية	3-5
77	منحنيات معولية نظام CASCADE النيتروسوفيكية لتوزيع (DUS-DNS) لجميع طرائق التقدير عند حجم عينة (n=50) للتجربة الثانية	3-6
78	منحنيات معولية نظام CASCADE النيتروسوفيكية لتوزيع (DUS-DNS) لجميع طرائق التقدير عند حجم عينة (n=75) للتجربة الثانية	3-7
78	منحنيات معولية نظام CASCADE النيتروسوفيكية لتوزيع (DUS-DNS) لجميع طرائق التقدير عند حجم عينة (n=100) للتجربة الثانية	3-8
81	منحنى دالة معولية نظام CASCADE النيتروسوفيكية لتوزيع (DUS-DNS) لجميع طرائق التقدير عند حجم عينة (n=25) للتجربة الثالثة	3-9
81	منحنيات معولية نظام CASCADE النيتروسوفيكية لتوزيع (DUS-DNS) لجميع طرائق التقدير عند حجم عينة (n=50) للتجربة الثالثة	3-10
82	منحنيات معولية نظام CASCADE النيتروسوفيكية لتوزيع (DUS-DNS) لجميع طرائق التقدير عند حجم عينة (n=75) للتجربة الثالثة	3-11
82	منحنيات معولية نظام CASCADE النيتروسوفيكية لتوزيع (DUS-DNS) لجميع طرائق التقدير عند حجم عينة (n=100) للتجربة الثالثة	3-12
85	منحنى دالة معولية نظام CASCADE النيتروسوفيكية لتوزيع (DUS-DNS) لجميع طرائق التقدير عند حجم عينة (n=25) للتجربة الرابعة	3-13
86	منحنيات معولية نظام CASCADE النيتروسوفيكية لتوزيع (DUS-DNS) لجميع طرائق التقدير عند حجم عينة (n=50) للتجربة الرابعة	3-14
87	منحنيات معولية نظام CASCADE النيتروسوفيكية لتوزيع (DUS-DNS) لجميع طرائق التقدير عند حجم عينة (n=75) للتجربة الرابعة	3-15
87	منحنيات معولية نظام CASCADE النيتروسوفيكية لتوزيع (DUS-DNS)	3-16

	لجميع طرائق التقدير عند حجم عينة (n=100) للتجربة الرابعة	
90	منحنى دالة معولية نظام CASCADE النيتروسوفيكية لتوزيع (DUS-) لجميع طرائق التقدير عند حجم عينة (n=25) للتجربة الخامسة	3-17
90	منحنيات معولية نظام CASCADE النيتروسوفيكية لتوزيع (DUS-DNS) لجميع طرائق التقدير عند حجم عينة (n=50) للتجربة الخامسة	3-18
91	منحنيات معولية نظام CASCADE النيتروسوفيكية لتوزيع (DUS-DNS) لجميع طرائق التقدير عند حجم عينة (n=75) للتجربة الخامسة	3-19
91	منحنيات معولية نظام CASCADE النيتروسوفيكية لتوزيع (DUS-DNS) لجميع طرائق التقدير عند حجم عينة (n=100) للتجربة الخامسة	3-20
104	منحى دالة المعولية اليتروسوفيكية للنظام R ₂ وفقاً لخوارزمية الذنب الرمادي للبيانات الحقيقية	4-1
104	منحى دالة المعولية اليتروسوفيكية للنظام R ₃ وفقاً لخوارزمية الذنب الرمادي للبيانات الحقيقية	4-2

تم في هذه الاطروحة اقتراح توزيع جديد يتسم بالمرونة في التعامل مع البيانات التي يشوبها شك وعدم يقين من خلال تحويل توزيع (Shukla) التقليدي إلى توزيع نيوتروسوفيكي مضاعف (DUS- Neutrosophic Shukla). تم تطبيق عدم اليقين النيوتروسوفيكي على بيانات العينة أولاً ثم على معلمات التوزيع الأصلي وفق ثلاث مراحل:

المرحلة الأولى: تحويل توزيع (Shukla) التقليدي إلى توزيع نيوتروسوفيكي بالبيانات باستخدام متغير عشوائي نيوتروسوفيكي (X_N). يتم هنا التعامل مع البيانات حتى وإن كانت غير محددة بشكل كامل من خلال دالة كثافة احتمالية نيوتروسوفية تتيح معالجة عدم اليقين في البيانات.

المرحلة الثانية: تحويل توزيع (Shukla) التقليدي إلى توزيع نيوتروسوفيكي بالمعلمات باستخدام معلمات نيوتروسوفية (Θ_N, α_N) بناءً على منهج Florentin Smarandache هذا التحويل يأخذ في الاعتبار الشك وعدم اليقين في معلمات التوزيع، مما يسمح بمعالجة أوسع للبيانات ذات الطبيعة الغير مؤكدة.

المرحلة الثالثة: استخدام تحويل (DUS) لإيجاد توزيع احتمالي نيوتروسوفيكي مزدوج بالبيانات والمعلمات، مما ينتج عنه دالة كثافة احتمالية ودالة تراكمية جديدة للتوزيع المقترح. هذا التوزيع يتيح معالجة البيانات مع تضمين جميع أشكال عدم اليقين.

تم التوصل إلى أن التوزيع المقترح أكثر مرونة وكفاءة في التعامل مع البيانات الحقيقية التي تتسم بعدم اليقين مقارنة بالتوزيعات التقليدية، مما يجعله أداة مهمة لتحليل البيانات المعقدة في مجالات متعددة.

تم استعمال ثلاثة طرائق لتقدير معولية نظام Cascade(3+1) في ظل التوزيع المقترح وهي الخوارزمية الجينية (Genetic Algorithm) وخوارزمية الحوت الأحدث ((Whale Optimization Algorithm - WOA)) وخوارزمية الذئب الرمادي (Grey Wolf Optimizer - GWO) , وذلك من خلال جانبين , الاول تجريبي باستعمال تجارب محاكاة مونت – كارلو بالاعتماد على مؤشر أحصائي متوسط المربعات الخطأ التكاملي المجمع (PIMSE) والتي تم التوصل فيها الى ان خوارزمية الذئب الرمادي حققت اعلى افضلية من باقي الخوارزميات في تقدير معولية تقدير معولية نظام CASCADE النيوتروسوفية لتوزيع (DUS-DNS) عند كافة احجام العينات وخاصة العينات الكبيرة (75, 100) تلتها خوارزمية الحوت الاحدب والتي كانت افضل عند احجام العينات الصغيرة (25) . واخيرات كانت الخوارزمية الجينية باقل نسبة افضلية . والجانب الثاني تضمن استعمال بيانات تخمينية لسياسة الفحص والعطل من قبل خبراء في الشركة العامة لطحن الحبوب وذلك من خلال الاستعانة بالخبراء في الشركة للحصول على بيانات تتعلق باوقات عطل مكانن الطحن وتم الحصول على بيانات تمثل عدد ايام عطل ثلاثة مكانن لطحن الحبوب في سايلو كربلاء لكل ماكنة (25) قياس ويكون المجموع الكلي للقياسات (75) مشاهدة وطبقت خوارزمية الذئب الرمادي عليها. وتبين أن معولية النظام R_2 تزداد مع زيادة الزمن وان درجة الصواب لمعولية النظام R_2 تتزايد , ودرجة الحياد تتناقص , بينما درجة الخطأ تتناقص . وكذلك المعولية الحدية $R_{(1)}$ تزداد كذلك , وان درجة الصواب للمعولية الحدية $R_{(1)}$ تتزايد , ودرجة الحياد تتناقص , بينما المعولية

المستخلص

الحدية $R_{(2)}$ درجة الصواب لها يتناقص , ودرجة الحياد يتناقص , ودرجة الخطأ تتناقص. في كل الحالات درجة الخطأ تتناقص. وأن معولية النظام R_3 تزداد مع زيادة الزمن وان درجة الصواب لمعولية النظام R_3 تتزايد , ودرجة الحياد تتناقص , بينما درجة الخطأ تتناقص . وكذلك المعولية الحدية $R_{(3)}$ تتناقص كذلك , وان درجة الصواب للمعولية الحدية $R_{(3)}$ تتناقص , ودرجة الحياد تتزايد , بينما درجة الخطأ تتناقص . فان النظام يعمل باعلى درجة صواب للمعولية تبلغ (0.95041) ودرجة حياذ تبلغ (0.98581) ومقدار خطأ مساوي للصفر.

الفصل الأول

منهجية الأطروحة

والإستعراض المرجعي

1.1 المقدمة (Introduction)

في أنظمة المعولية، تعني كلمة "Cascade" السلسلة أو التدفق المتتابع وهي ظاهرة أو عملية فشل عنصر أو وحدة واحدة في النظام في فشل عناصر أو وحدات أخرى بشكل متتابع. يمكن أن يحدث هذا التدفق المتتابع بسبب ترابط العمليات أو الاعتماد المتبادل بين الوحدات داخل النظام. على سبيل المثال، في نظام كهربائي، قد يؤدي فشل محول واحد إلى زيادة الحمل على المحولات الأخرى، مما قد يتسبب في فشلها أيضاً إذا لم تكن قادرة على تحمل الحمل الزائد. وهكذا، يمكن أن يؤدي فشل مكون واحد إلى سلسلة من الأعطال التي تؤثر على النظام بأكمله. تستعمل نماذج السلسلة في تحليل المخاطر وإدارة الأعطال لتقييم تأثيرات الفشل المتتابع ولتطوير استراتيجيات لتخفيف هذه المخاطر وضمان استمرارية النظام.

إن مفهوم المجموعة النيوتروسوفية (**Neutrosophic Set**) نشأ من النيوتروسوفيا (**Neutrosophy**) التي تأسست على يد العالم فلورنتين سمارانداش (**Florntin Smarandache, 1980**) كفرع جديد من الفلسفة يدرس أصل وطبيعة ونطاق الحياد، فضلا عن تفاعلاتها مع الأطياف الفكرية المختلفة ومن ثم طورت من قبل كتعميم لنظرية المجموعات الكلاسيكية ونظرية المجموعات الغامضة. تتميز المجموعات النيوتروسوفية بثلاث قيم: الصواب، الخطأ، وعدم التحديد(الحياد) وهذا يسمح لهم بنمذجة عدم اليقين، وعدم التحديد، والمعلومات غير المتسقة بطريقة أكثر شمولاً من نظرية المجموعات الكلاسيكية أو نظرية المجموعات الضبابية (**Fuzzy set theory**). تم تطبيق نظرية المجموعات النيوتروسوفية على مجموعة واسعة من المجالات، بما في ذلك الهندسة والعلوم والطب والاقتصاد والمالية. وقد تم استعماله لنمذجة مشاكل مثل اتخاذ القرار في ظل عدم اليقين، وتقييم المخاطر، والتشخيص الطبي.

ولهذا قسمت الاطروحة الى خمسة فصول كالآتي :

يتضمن الفصل الاول المقدمة وهدف الاطروحة و مشكلة الاطروحة واستعراض بعض لدراسات السابقة الخاصة بموضوع الاطروحة .

في حين تضمن الفصل الثاني يحتوي على الجانب النظري تضمن معلومات عامة عن المعولية وانظمة الربط , وكذلك نظام cascade الإجهاد – المتانة , وتوزيع Shukla والتوزيعات المرتبطة

الفصل الأول ————— منهجية الأطروحة والإستعراض المرجعي

به , وكذلك نظرة عامة حول نظرية المجموعة النيوتروسوفيكية والعدد النيوتروسوفيكي وطريقة تحويل التوزيع الى توزيع نيوتروسوفيكي مضاعف , وكذلك طرائق التقدير المستعملة.

وخصص الفصل الثالث للجانب التجريبي الذي يتضمن سلوك المعولية وتجارب المحاكاة التي تخص موضوع الرسالة وذلك للوصول إلى افضل مقدر لدالة المعولية للنظام cascade للاجهاد والمتانة باستعمال متوسط مربعات الخطأ التكاملي المجمع (PIMSE) من اجل المقارنة بين أفضلية المقدرات.

وفيما يخص الفصل الرابع فقد تضمن الجانب التطبيقي حيث تم فيه توظيف بيانات حقيقية لغرض تقدير دالة المعولية لنظام cascade للاجهاد والمتانة من خلال اعتماد افضل المقدرات التي تم التوصل إليها في الجانب التجريبي من هذا الرسالة وقد تم تطبيق البيانات الحقيقية من مطحنة سايلو كربلاء.

وأخيراً جاء الفصل الخامس ليعرض أهم الاستنتاجات والتوصيات التي تم التوصل إليها كنتائج لهذه الرسالة والمصادر.

1.2 مشكلة الإطروحة: (Problem of thesis)

تمثل أوقات الفشل غير الدقيقة للأنظمة تحديًا كبيرًا في تقييم معوليتها بدقة، خاصة في الأنظمة المعقدة حيث تكون البيانات المتاحة غير كاملة أو مشوبة بعدم اليقين, وكذلك بسبب ظروف التشغيل (انقطاع الكهرباء) وأخطاء القياس. هذا التحدي يزداد تعقيدًا عندما تتداخل عدة عوامل غير محددة في تحديد وقت الفشل الفعلي، مما يجعل من الصعب التوصل إلى تقييم دقيق لمستوى المعولية. في مثل هذه الحالات، لا يمكن استخدام الأساليب التقليدية للتوزيعات الإحصائية بشكل فعال لانه سيكون فشل التوزيعات الكلاسيكية في تمثيل الظاهرة المدروسة لأنها تفترض ثبات المعلمات بينما في الواقع تتغير مع الزمن بسبب عوامل خارجية غير مؤكدة، لأنها تفترض دقة البيانات وعدم تداخل العوامل الضبابية. لذلك، يصبح من الضروري تبني منهجيات جديدة قادرة على التعامل مع هذه البيانات غير الدقيقة وغير المؤكدة، مثل استخدام التوزيعات النيوتروسوفيكية-المضاعفة التي تسمح بتمثيل عدم اليقين بشكل أكثر واقعية. هذا النهج يمكن أن يساهم في تحسين تقدير معولية الأنظمة بشكل يعكس الظروف الحقيقية بشكل أفضل، مما يوفر معلومات أكثر دقة لاتخاذ القرارات المتعلقة بتصميم وصيانة الأنظمة.

1.3 هدف الاطروحة: (Aim of thesis)

تهدف هذه الاطروحة الى :

1- تطوير توزيع إحصائي متقدم يعتمد على تحويل توزيع (Shukla) التقليدي إلى توزيع نيوتروسوفي-DUS مضاعف لتحسين دقة المعولية ل أنظمة Cascade في ظل وجود بيانات تخمينية بإدخال عدم اليقين النيوتروسوفي إلى بيانات العينة أولاً ومن ثم الى معلمات التوزيع الأصلي ثانياً ,ومن ثم استخدام تحويلة (DUS) لأيجاد توزيع احتمالي نيوتروسوفي مزدوج بالبيانات والمعلمات.

2-الحصول على أفضل تقدير لدالة لمعولية Cascade بالاعتماد على هذا التوزيع-DUS Shukla ب أستعمال الخوارزميات وهي (الخوارزمية الجينية Genetic Algorithm) (والخوارزمية الحوت الاحدب Whale Optimization Algorithm – WOA) وخوارزمية الذئب الرمادي (Grey Wolf Optimizer – GWO) وذلك من خلال المؤشر الاحصائي (PIMSE) متوسط مربعات الخطأ التكاملي المجمع ,للحصول على أفضل تمثيل للبيانات الحقيقية المتمثلة ب (بيانات مطحنة سايلو كربلاء)

1.4 الاستعراض المرجعي: (Review of Literature)

في عام 1975 قدر (S.N. N. Pandit & G.L. Sriwastav) معولية نظام cascade n- عندما يتبع الاجهاد والمتانة التوزيع الاسي Exponential distribution وتوزيع كما Gamma distrbution والتوزيع الطبيعي Normal distbution على افتراض عامل التوهين (K) ثابت . وقد لاحظ وعند زيادة متغير المتانة فإن المعولية الحدية (2)R تقل . وكذلك تبين عندما يكون متوسط الإجهاد اكبر من متوسط المتانة ، تقل المعولية مع عامل التوهين (k) .

في عام 1978 درس (S. N. N. Pandit and G. L. Sriwastav) نظام 2- Cascade تحت افتراض أن الإجهاد والمتانة متغيرات تتبع توزيع الاسي أو كما أو-s normal . وتم اعتبار نظام 3-Cascade تحت افتراض أن كلاً من الإجهاد والمتانة تتبع التوزيع الأسّي. من منظورين الاول على اعتبار نظام Cascade مع عامل التوهين الزمن

الفصل الأول ————— منهجية الأطروحة والإستعراض المرجعي

العشوائي ؛ وإن زمن معولية النظام توصف كدالة لمتجه التوهين العشوائي ، بافتراض أن عوامل التوهين يتوزع بيتا. والثاني على اعتبار ان نظام **Cascade** إذ يخضع للإجهاد لعمليات باسون **Poisson process** ويتم الحصول على تعبيرات المعولية لنظام **2-Cascade** وكذلك **3-Cascade** وكذلك الحصول على الوقت الذي سيعمل فيه النظام مع معولية معينة عددياً عندما تكون كل من الإجهاد والمتانة تتبع التوزيع الأسّي أو كما أو **S-Normal**.

في عام 1983 قدر (M. N. Gopalan and P. Venkateswarlu) معولية نظام **cascade** المعتمدة على الزمن لـ **2-Cascade** و **3-Cascade**- باستعمال انموذج الاجهاد والمتانة, على افتراض أن تكون كل من الاجهاد والمتانة متغيرات عشوائية مستقلة أو عشوائية ثابتة. أن عدد الدورات في أي فترة من الزمن t عشوائي. وحالة خاصة عندما يتم أيضا اعتبار عدد الدورات في أي فترة من الزمن t هو متغير عشوائي يتبع توزيع باسون **distribution Poisson** . وأن تكون المكونات متماثلة، ويفترض أن عوامل التوهين k هي ثوابت. وتم الحصول على تعبيرات المعولية عندما تكون كل من الاجهاد والمتانة متغيرات تتبع التوزيع الاسي **distribution Exponential**.

في عام 1993 اشتق (T. S. U. Maheswari, etal) معولية نظام (n- cascade) **Exponential distribution** للاجهاد والمتانة , عندما تتبع المتانة التوزيع الاسي **Normal distribution** , وتوصلا بأن معولية النظام تزداد عند انخفاض قيم معلمة المتانة (λ) ومعلمة الإجهاد (μ) , كما يزداد معدل المعولية الحدية عند زيادة قيم معلمة المتانة (λ) , وبالتالي وجد أن إضافة مكونات بواسطة نظام **Cascade** يعطي تحسنا كبيراً في النظام .

في عام 1997 قدر (A. Rekha and T. S. Sunder) معولية نظام n- cascade للاجهاد والمتانة على افتراض أن متغير المتانة يتبع التوزيع الاسي **Exponential distribution** ذي المعلمة (λ) ومتغير الاجهاد يتبع توزيع كما **distribution Gamma** ذي المعلمة (μ) وتوصلا الأنظمة ذات قيمة معلمات أكبر وعامل توهين (k) أقل فسوف تكون هناك زيادة في معولية النظام . إذ أن أقصى معولية تم الحصول عليها لهذه الحالات (هي الحالة 1 و 5) عندما تكون فيها المعلمة $p_i = p$ وعوامل التوهين $k_i^* = i!$ and i علماً بأنه $p_i = \frac{\lambda_i}{\mu}$

الفصل الأول ————— منهجية الأطروحة والإستعراض المرجعي

, أذ لا يمكن التحقق من معولية النظام في المراحل المبكرة من النظام المنتج في الحالات التي تملك عوامل التوهين $\frac{1}{i!}$ and $\frac{1}{i}$ مع نفس قيمة المعلمة . مع التقدم في أداء النظام وتغيير ظروف المتانة و الإجهاد تم ملاحظة معولية أعلى للنظام ويمكن ملاحظة ذلك في الحالتين 2 و 6 , ولوحظ نمط مماثل للحالات عندما تأخذ المعلمة p قيم أعلى , أي عندما تكون $p_i = ip$.

في عام 1999 استخرج (A.Rekha and V.C.C. Raju) معولية نظام cascade وذلك عندما يتبع كل من متغيري الاجهاد والمتانة توزيع رايلي *Rayleigh distribution* ذي المعلمات μ و λ_i على التوالي , بافتراض ان عامل التوهين التراكمي (k) يأخذ اربع قيم مختلفة وهي $\frac{1}{(1+i)!}$ and $\frac{1}{i!}$, $(i + 1)!$, $i!$, وقد وجد أنه عند انخفاض عامل التوهين (k) فسوف يتم تحقيق درجة عالية من معولية النظام.

في عام 2009 ركز (سوسن واخرون) على دراسة وتقييم معولية احد اجزاء الأقسام الإنتاجية في معمل سمنت كبيسة كأساس لدراسة معولية الأنظمة وطرق احتسابها. اذ قاموا بتجميع البيانات للعطلات المطلوبة لعطل أجزاء الفرن الدوار. ومثلوا العطلات بالاعتماد على تمثيل عدد التكرارات من خلال رسم المضلع التكراري، **TBF**. والوقت بين العطلات **TTR** ومخطط الاحتمالية لحساب الوقت لحين التصليح وقاموا بحساب معلمات توزيع ويبل لأجزاء النظام الفرن الدوار. بتحديد المرحلة العمرية للجزء أو المعدة , لغرض حساب الوقت الأمتل للصيانة الوقائية. وتحليل تأثير أسلوب العطل لحساب رقم أولوية الخطورة. حيث تمت عملية تحليل البيانات بالاستعانة ببرنامج معانة بالحاسوب. وأتضح من خلال التحليل أن الفرن وبعض أجزاءه في المرحلة الثالثة) الأخيرة (من مراحل عمرها , وهي مرحلة التقادم والسوفان . وقد تم الاستدلال على ذلك بقيمة المعلمة β لتوزيع ويبل , فهو يمتلك قيمة $\beta 3.87$ لذلك تم التركيز عليه وتحليل بياناته كحالة دراسية للمعمل.

في عام 2012 قدر (Dr.T. S. Sundar) معولية نظام n- cascade لاجهاد والمتانة حيث اعتبر متغيري المتانة و الإجهاد هي متغيرات عشوائية تتبع توزيع ويبل **distribution weibull** وقد استنتج أن النظام ذات قيم المعلمة الأقل تكون أكثر معولية .

وفي نفس العام درس (J. Gogoi and M. Borah) حالتين لمعولية نظام n- cascade , بالنسبة للحالة الأولى يعتبر المتانة توزيع **Exponential distribution** ذي معلمة واحدة ,

و الإجهاد توزيع **Gamm distribution** لمعلمتين. وبموجب هذا الافتراض يتم الحصول على معولية النظام بشكل عام . الحالة الثانية يعتبر المتانة توزيع **distribution Exponential** لمعلمتين والإجهاد توزيع **Gamma distribution** ذي معلمة واحدة للحصول على معولية نظام **3-Cascade** , في كلا الحالتين تم اعتبار المتانة و الإجهاد هي متغيرات عشوائية وقد لاحظ في الحالة الاولى عند زيادة معامل التوهين (**K**) و الالجهاد □ تنخفض المعولية **R₃** وفي الحالة الثانية عند زيادة معامل التوهين (**K**) والالجهاد **m** تنخفض المعولية **R₃** .

في عام 2013 اشترك (T.S. U. Maheswari , N.Swathi) معلمية نظام **n- cascade** لالجهاد والمتانة حيث يعتبر المتانة والالجهاد توزيع **Generalized Exponential distribution** حيث بين أن معلمية النظام تزداد كلما زادت معلمة المتانة α لنظام **1-cascade** وتقل معلمية النظام كلما زادت معلمة الإجهاد والعكس بالعكس لنظام **2-cascade, 3-cascade, ..., n-cascade** .

وفي نفس العام 2013 حصل (T.S. U. Maheswari, N.Swathi) على معلمية نظام **n- cascade** لالجهاد والمتانة عندما يتبع الالجهاد توزيع الاسي المختلط **distribution mixed Exponential** وتتبع المتانة **Exponential distribution** ووجد صيغة لمعولية النظام **n- cascade** .

في عام 2015 حسب (N. Swathi, T. S. U. Maheswari) من حساب معلمية نظام **n- cascade** مع فقدان **m** من المكونات بعدد **k** من متغيرات الالجهاد وتم الحصول على المعادلة العامة للمعولية للنظام **n- cascade** واشتقاق معلمية نموذج الإجهاد والمتانة مع نهج **Markovian** . وتم ايجاد معلمية نظام **6-Cascade** لالجهادين

اما في عام 2016 قدر (M.T. Devi , etal) معلمية نظام **n- cascade** لالجهاد والمتانة , على اعتبار ان متغير المتانة والالجهاد يتبع توزيع لندي **Lindley distribution** ولقد لوحظ أنه كلما زادت معلمة الإجهاد تزداد معلمية النظام وتقل معلمية النظام إذا زادت معلمة المتانة عندما يتبع الإجهاد والمتانة توزيع **Lindley distribution** .

وفي العام نفسه 2016 اوجد (D. Reddy) معلمية نظام **cascade** للإجهاد والمتانة افتراض أن جميع المكونات مستقلة وتتبع متغيرات المتانة والالجهاد التوزيع الاسي

الفصل الأول ————— منهجية الأطروحة والإستعراض المرجعي

Exponential distribution , تحسب المعوليات الاربعه الاولى المتسلسله لقيم المختلفة لمعلمات الإجهاد والمتانة , وتبين أن معولية النظام R_4 تصل بالقرب من الوحدة مع الحفاظ على معلمة المتانة ثابتة وزيادة معلمة الإجهاد تدريجيا. وأن معولية النظام R_4 تنخفض بسرعة عند زيادة معلمة المتانة وتقليل معلمة الإجهاد , إذ قللنا معلمة المتانة وزيادة معلمة الإجهاد فأن معولية النظام تزداد بسرعة وتصل الى الواحد .

و في العام نفسه 2016 قدر (R. R. Mutkekar, S. B. Munoli) [19] نظام $(1 + 1)$ cascade للتوزيع الاسي تحت تأثير مشترك من عوامل توهين والاجهاد والمتانة , والحصول على مقدرات دالة المعولية باستخدام مقدر الامكان الاعظم (MLE) والمقدر غير المتحيز للتباين الأدنى (UMVUE) Minimum Variance Unbiased Estimator . وكذلك على توزيع مقارب للمعلمات. ووجد ان معولية النظام تتحسن عند القيم الأكبر لمتغير المتانة (m) والقيم الدنيا لعامل التوهين (k). وتقديرات المعولية تكون افضل لقيمة أكبر من حجم العينة n وجد ان مقدر المعولية التي تم الحصول عليها من UMVUE أفضل من MLE من خلال متوسط مربع خطأ (MSE) .

في عام 2017 درس (C. Doloi and J. Gogoi) [10] حالتين لمعولية نظام cascade n- لاجهاد والمتانة في الحالة الاولى يعتبر متغير المتانة يتبع التوزيع الاسي distribution exponential ومتغير الاجهاد يتبع توزيع لندلي Lindley distribution , اما في الحالة الثانية فمتغير المتانة يتبع توزيع لندلي Lindley distribution ومتغير الاجهاد يتبع التوزيع الاسي distribution exponential وقد لاحظ في الحالة الاولى أن زيادة معلمة الإجهاد γ ومعامل التوهين k بينما تبقى معلمة المتانة θ ثابتة فأن معولية النظام R_2 تزداد والمعولية الحدية (R(1) تزداد بينما (R(2) تتناقص . اما في الحالة الثانية أن زيادة معلمة الإجهاد λ ومعامل التوهين k بينما تبقى معلمة المتانة θ ثابتة فأن معولية النظام R_2 تزداد والمعولية الحدية (R(1) تزداد بينما (R(2) تتناقص .

في عام 2019 ناقش (Khaleel & Karam) المعولية للنموذج المتتالي (1+2) لتوزيع ويبيل المعكوس. يتم العثور على المعولية عندما يكون توزيع القوة والإجهاد معكوس ويبيل ذات معلمة مقياس المجهولة ومعلمة شكل معروفة. وتم استعمال ستة طرائق للتقدير (الامكان الاعظم، والعزم، المربعات الصغرى، المربعات الصغرى الموزونة، وطريقة وايت، والنسبية) لتقدير دالة المعولية.

الفصل الأول ————— منهجية الأطروحة والإستعراض المرجعي

تمت المقارنة بين ستة طرق تقدير مختلفة من خلال دراسة المحاكاة التي أجراها **MATLAB** 2016، باستخدام معيارين إحصائيين متوسط مربع الخطأ ومتوسط النسبة المئوية للخطأ المطلق، حيث تبين أن أفضل مقدر بين المقدرين الستة هو أسلوب تقدير الامكان الاعظم .

في عام 2021 استعمل (Nada & Yousif) سلسلة n مع $(P(X<Y<Z))$ لاجداد معولية نظام قوة الإجهاد، حيث X و Z هي نقاط القوة لمكون يتعرض للإجهاد Y . تعبير معولية نظام قوة الإجهاد **ncascade** اذ تم الحصول عليها لأربعة توزيعات مختلفة وهي [Pareto الأسي، الأسي المقلوب، الأسي **Invers Rayleigh**، **Frechet**]. بالنسبة لبعض القيم المحددة لمعاملات التوزيع، تم أيضاً حساب القيم العددية للاعتماديات الأربعة المختلفة وتوفيرها ومناقشتها. وتوصلا الى أن هناك تأثيرات مختلفة لنماذج التوزيعات الخاصة لكل من متغيرات الإجهاد المتانة.

في عام 2022 اشتقتنا (مزهر وسعيد) معولية نظام متعدد المكونات **K-S** الاجهاد والمتانة بطريقة جديدة بناءة على الطرية المقترحة (**Alpha power** تحويلة القوة الفا) لتقدير معولية الاجهاد والمتانة للتوزيع الجديد وقدرنا المعلمات المجهولة للتوزيع باستعمال طريقة العينات المصنفة ودرسا سلوك المعولية باستعمال تجارب محاكاة مونت كارلو .

الفصل الثاني

الجانب النظري

تمهيد (Preface)

يعد تحليل المعولية من الأمور البالغة الأهمية في مجالات مختلفة مثل الهندسة والتصنيع وتصميم الأنظمة لضمان الاعتمادية وأداء المنتجات والأنظمة بمرور الزمن. استعمل المهندسون والمحللون الأساليب الإحصائية ونماذج المعولية لتقييم موثوقية المركبات والأنظمة والتنبؤ بفترات تشغيلها ، مع الأخذ بنظر الاعتبار عوامل أخرى مثل معدلات الفشل وأوقات الصيانة وعمليات الإصلاح. غالبًا ما يحتاج مهندسي الانتاج إلى العمل مع الأنظمة التي تحتوي على عناصر متصلة على التوازي أو التوالي، او عندما يتكون النظام من مجموعة من الوحدات المتسلسلة والمتوازية في سياق المعولية في نظام Cascade الي تعني ضمان أن النظام يعمل بشكل موثوق وفعال، وأنه يمكنه التعافي من الأخطاء أو التوقفات المحتملة.

في هذا الفصل تم استعراض لاهم المبادي الأساسية في نظرية المعولية والدوال المرتبطة بها وأوقات الفشل ومعولية الانظمة وانواعها وكذلك التوزيع الاحتمالي المدروس والمقترح ونظرية المجموعات الضبابية و النيتروسوفيكية وكذلك طرائق تقدير معولية في نظام Cascade .

2.1 وقت الفشل (Failure time)

يعد فهم هذه التوزيعات وتطبيقاتها أمرًا أساسيًا في هندسة المعولية لاتخاذ قرارات مستنيرة بشأن تصميم النظام والصيانة وإدارة المخاطر. ويشير وقت الفشل، في سياق المعولية (Reliability) او وقت البقاء في نظرية البقاء (Survival theory) ضمن التوزيعات الاحتمالية، إلى الوقت الذي يتوقف فيه النظام أو المكون عن العمل. يعد فهم توزيع أوقات الفشل أمرًا ضروريًا للتنبؤ بالمعولية وتخطيط الصيانة وتحسين التصميم. وتعدّ من المواضيع الحيوية في مجال هندسة الصيانة والجودة، إذ تستعمل لدراسة وتحليل متانة ومعولية الأنظمة والمكونات... (Kalbf & L. Prentice, 2002, 1) (Hassanien, 2017, 21)

2.2 دالة الكثافة الاحتمالية للفشل (Failure Density Function)

إذا كان T متغير عشوائي موجب يمثل وقت حدوث الفشل (Failure time) ، ومن خلال دالة الاحتمالية يمكن احتساب احتمال فشل أو توقف المركبة او الوحدة عن العمل خلال الفترة $t < t$

الفصل الثاني ————— الجانب النظري

مهما كانت قيمة التغير في الوقت (Δt) ويمكن التعبير عنها رياضياً كآتي:
(Linde, 2016, 56)

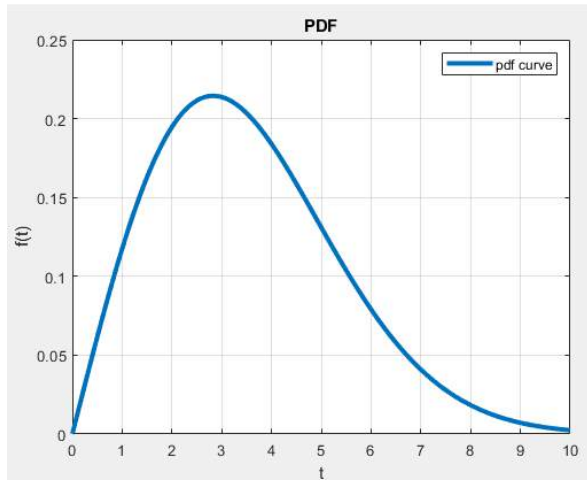
$$f_T(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{p_r(t < T < t + \Delta t)}{\Delta t} ; t \geq 0 \quad \dots (2 - 1)$$

ولهذه الدالة الخصائص الآتية:

$$\int_0^{\infty} f_T(t) dt = 1 \quad -1$$

$$0 \leq f_T(t) \leq 1 \quad -2$$

-3 دالة وحيدة القيمة لكل وقت فشل.



شكل (2-1) منحنى دالة الكثافة الاحتمالية للفشل

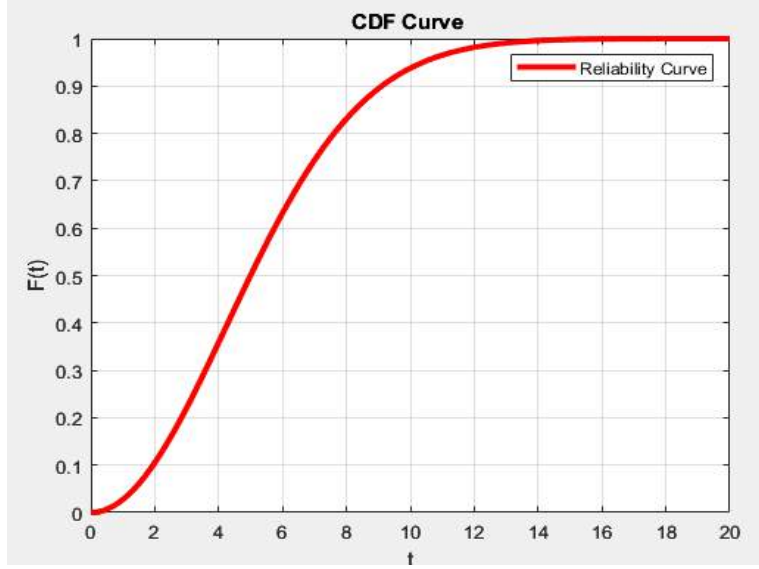
2.3 دالة الاحتمال التجميعي للفشل (Failure Cumulative Function)

وهي احتمال فشل أو توقف المركبة عن العمل لوقت الفشل (t) ويعبر عنها رياضياً كما يأتي:

$$F_T(t) = p_r(T \leq t) = \int_0^t f(u) du; t \geq 0 \quad \dots (2 - 2)$$

يطلق عليها دالة الاحتمال التجميعي (CDF) للفشل لحين الوقت t . وهي دالة غير متناقصة

عن اي وقت من اوقات الفشل. (Linde, 2016, 57)



شكل (2-2) منحنى دالة الكثافة التجميعية للفشل

2.4 دالة المعولية (Reliability Function)

تعد دالة المعولية أو تسمى أيضًا باسم دالة البقاء (Survival Function) في حالة كون الظاهرة المدروسة تمثل كائنات حية أو دالة التوزيع التراكمي التكميلية (Complementary CDF)، من المفاهيم الأساسية التي تقيس احتمالية بقاء المركبة أو النظام أو الجهاز أو الشخص أو الكائن الحي بعد فترة زمنية معينة من عمله وتقييم أداءه دون فشل حتى وقت محدد. أي هي قدرة المركبة أو النظام على أداء وظيفته دون فشل أو هي احتمال الأداء الخالي من الفشل خلال عمر المركبة أو النظام أو الإطار الزمني للعنصر المحدد، في ظل ظروف عمل بيئية محددة. (Di Lorenzo, 2008, 2)

ويعبر عنها رياضياً كالاتي: (Ali & Neamah, 2022, 278)

$$R_T(t) = P(T > t) = 1 - P(T \leq t) = \int_t^{\infty} f_T(u) du = 1 - \int_0^t f_T(u) du$$

$$= 1 - F_T(t) = \bar{F}(t) \quad \dots (2 - 3)$$

وأن هذه الدالة تمتلك الخصائص الآتية: (AL-Nasser 2009, 44)

الفصل الثاني ————— الجانب النظري

1. احتمال بقاء المركبة او النظام خلال الزمن $(t=0)$ يساوي 1 اي ان $R(0) = 1$ أي أن

$$\lim_{t \rightarrow 0} R(t) = 1$$

2. احتمال بقاء الوحدة او النظام خلال الزمن $(t = \infty)$ يساوي صفر اي ان $R(\infty) = 0$, أي

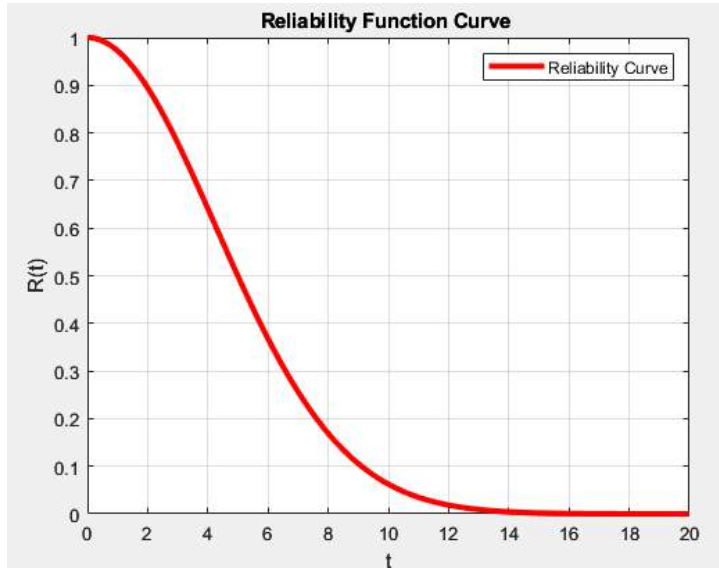
أن $\lim_{t \rightarrow \infty} R(t) = 0$ بمعنى أنه كلما زاد الزمن كانت المركبة أو النظام أكثر عرضة للفشل ,

اي تقل معوليته.

$$0 \leq R(t) \leq 1 \quad .3$$

$$F(t) + R(t) = 1 \quad .4$$

5. تكون دالة $R(t)$ متناقصة مستمرة من جهة اليسار .



شكل (2-3) منحنى دالة المعولية

2.5 معولية الانظمة (Reliability of Systems)

تعد معولية الأنظمة من الجوانب المهمة في المجالات الحياة خاصة في سياق ضمان عمل النظام أو المكون دون فشل خلال فترة محددة. غالبًا ما يتم التعبير عن المعولية من حيث احتمال قيام النظام بأداء وظيفته المقصودة في ظل ظروف محددة لفترة زمنية محددة. يمكن أن تتأثر معولية النظام بعوامل مختلفة، بما في ذلك معولية المركبات الفردية، وأساليب الصيانة، والظروف البيئية، والظروف

الفصل الثاني ————— الجانب النظري

التشغيلية. والنظام هو مجموعة من المركبات أو الاجزاء أو المركبات التي يتم ربطها وفق ترتيب او تصميم معين بحيث يكون النظام قادراً على انجاز الوظائف المطلوبة منه. (**Jasem & Karam, 2022, 15**)

يمكن أن تختلف معولية النظام في تفسيرها. اذ يمكن تعريفها على أنها نظام يضمن الحد الأدنى من وقت التشغيل أو متوسط وقت منخفض بين حالات الفشل. وبدلاً من ذلك، يمكن أن يشير المصطلح إلى نظام يعمل بدون أخطاء وبدون انقطاع في الخدمة لفترة أطول. (**& Rohit, 2017, 874**)
(Mutkekar

ولتقييم معولية النظام بشكل فعال، فان تحديد مؤشرات الأداء الرئيسية يكون أمراً بالغ الأهمية. تشمل هذه المؤشرات عوامل مثل توفر وقت التشغيل ومعدل حدوث الفشل ومتوسط وقت الإصلاح. بمجرد تحديد مؤشرات الأداء الرئيسية هذه، فإن الخطوة التالية هي إنشاء طرائق القياس المناسبة.
(Khaleel & Karam, 2019, 2)

تتيح أدوات التحليل جمع البيانات من الأنظمة وتقديمها من خلال التقارير ولوحات المعلومات والمخططات متمثلة بقواعد بيانات تساعد الاستفادة من هذه الأدوات في الحصول على نظرة شاملة حول حالة النظام. (**C. Doloi, 2021, 130**)

إذا كانت لدينا الدالة $\psi(X_1, X_2, \dots, X_n)$ والتي تمثل الدالة الهيكلية (Structure Function) لنظام معين والتي هي دالة رياضية تستعمل لوصف كيفية تفاعل مكونات نظام معين لضمان معولية الكلية. تستعمل هذه الدالة لتحليل وتقييم مدى قدرة النظام على أداء وظائفه المطلوبة في ظل ظروف معينة وصيغتها الرياضية هي: (**Junho et al., 2021, 22**) (**Coolen, 2016, 1**)

$$\psi(X_1, X_2, \dots, X_n) = \begin{cases} 1 & \text{إذا النظام يعمل} \\ 0 & \text{إذا النظام يفشل} \end{cases}$$

فاذا كانت الدالة الهيكلية تساوي واحد فان النظام يعمل حتى الوقت t ، واذا كانت تساوي صفر فان النظام فشل قبل او في الوقت t . (**العبودي و نصر الله, 2018, 28**)

ويمكن تمثيل معولية النظام $R_S(t)$ بصورة عامة كالآتي : (**Kumar G., Jain V., Soni U., 2019, 1224**)

$$\begin{aligned} R_S(t) &= \Pr[T > t] \\ &= \Pr[\psi(X_1, X_2, \dots, X_n) = 1] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 1 - \Pr[T \leq t] \\
 &= 1 - \Pr[\psi(X_1, X_2, \dots, X_n) = 0] \\
 &= 1 - F_S(t) = \bar{F}_S(t) \quad \dots (2 - 4)
 \end{aligned}$$

هنالك أنظمة مختلفة رئيسية من أنظمة الربط تحسب من خلالها معولية النظام وهي :

2.5.1 النظام المتسلسل (نظام التوالي) (Series System)

هو أحد أنواع ربط الأنظمة والذي يتألف من مركبتين على الأقل أو أكثر مربوطة بشكل متسلسل وتكون متماثلة ومستقلة واحدة عن الأخرى (Identical and Independent Components) , يبقى النظام دون فشل عندما تكون جميع مركباته دون فشل ويتوقف النظام عن العمل عند فشل احدى مركباته , لذلك فان معولية النظام المتسلسل هي أصغر من معولية كل مركبة من مركباته. ان النظام المتسلسل المكون من (n) من المركبات يكون من حدثين متكافئين وكالاتي:(السراي و الجاسم , 2011, 20) . (Hua D. & Elsayed E. A. , 2015, 947)

“System ↔ Success” ≡ “Success of every individual component”

أي أن نجاح النظام مكافئ لنجاح كل مركبة من مركباته وهذا يعني انه للنظام ψ :

$$\psi(X_1, X_2, \dots, X_n) = \begin{cases} 1 & ; X_1 = 1, X_2 = 1, \dots, X_n = 1 \\ 0 & ; \text{Any one of } X_i = 0 \end{cases}$$

وهذا يعني أن احتمال الحدثين المتكافئين، اللذين يحددان معولية النظام الكلية للوقت T يجب أن يكون هو نفسه أي أن: (السراي و الجاسم , 2011, 21).

$$\begin{aligned}
 R_S(t) &= P\{ \text{“System} \leftrightarrow \text{Success”} \} = P\{ \text{Comp1 and Comp2...and Comp n} \leftrightarrow \text{Succeed} \} \\
 &= P\{ \text{Comp1} \leftrightarrow \text{Succeed} \} p\{ \text{Comp2} \leftrightarrow \text{Succeed} \} \dots p\{ \text{Comp n} \leftrightarrow \text{Succeed} \} \\
 &= R_1(t) R_2(t) \dots R_n(t) \\
 &= \prod_{i=1}^n R_i(t) \\
 &= [R_i(t)]^n \quad \dots (2 - 5)
 \end{aligned}$$

الفصل الثاني ————— الجانب النظري

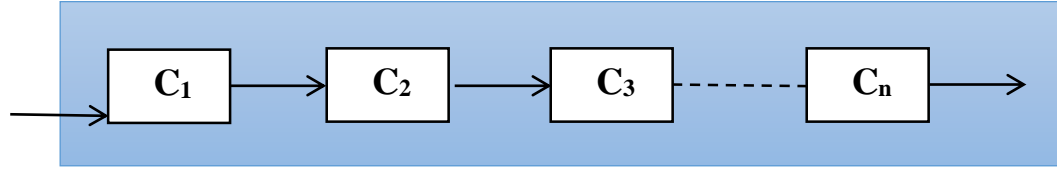
اي ان معولية النظام تساوي حاصل ضرب معولية مركبات النظام المتسلسل المكون من n من المركبات.

إذ أن :

$R_i(t)$: دالة المعولية للمركبة i .

$R_s(t)$: دالة المعولية النظام المتسلسل .

والشكل الآتي يوضح مخططاً لنظام متسلسل.



الشكل (2-4) النظام المتسلسل المكون من n مركبة

إذ أن C_1, C_2, \dots, C_n هي مركبات النظام .

2.5.2 النظام المتوازي (Parallel System)

هو تكوين بحيث يعمل النظام بأكمله طالما لم تفشل جميع مكونات النظام. من الناحية النظرية، في النظام المتوازي تكون معولية النظام الإجمالية أعلى من معولية أي مكون النظام الفردية. وهذا يعني انه للنظام Ψ : (طاهر ورشيد , 2022 .23) (Acar E.,Solanki K. , 2009, 45)

$$\psi(X_1, X_2, \dots, X_n) = \begin{cases} 1 & ; \text{ at least one of } X_i = 1 , i = 1, 2, \dots, n \\ 0 & ; X_1 = 0, X_2 = 0, \dots, X_n = 0 \end{cases}$$

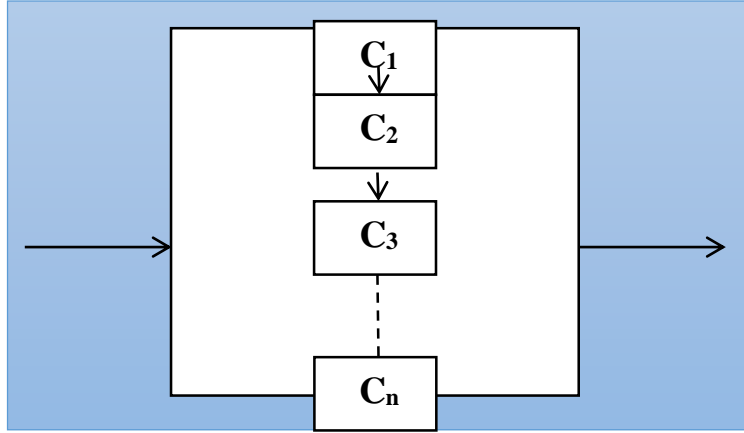
وتعرف معولية النظام المتوازي $R_s(t)$ حسب الصيغة الآتية : (Levitin et al. , 2013, 642)

$$\begin{aligned} R_s(t) &= 1 - \Pr(\text{all } X_i = 0) \\ &= 1 - P\{ \text{“System} \leftrightarrow \text{fail”} \} \\ &= 1 - \{ P\{ \text{Comp1 and Comp2...and Comp n} \leftrightarrow \text{fail} \} \} \\ &= 1 - \{ P\{ \text{Comp1} \leftrightarrow \text{fail} \} p\{ \text{Comp2} \leftrightarrow \text{fail} \} \dots p\{ \text{Comp n} \leftrightarrow \text{fail} \} \} \\ &= 1 - [1 - R_1(t)][1 - R_2(t)] \dots [1 - R_n(t)] \end{aligned}$$

$$= 1 - \prod_{i=1}^n [1 - R_i(t)]$$

$$= 1 - [R_i(t)]^n \quad \dots (2 - 6)$$

والشكل (2-5) يوضح نظام الربط المتوازي : (السراي و الجاسم , 2011 , 22).



الشكل (2-5) النظام المتوازي المكون من n مركبة

إذ أن C_1, C_2, \dots, C_n هي مركبات النظام.

ومن نظام التوازي نستطيع ان نحسب المعولية لـ k من n مركبة (**k out of n parallel System**) كحالة خاصة تسمى نظام الاحتياط المتوازي (**Parallel Redundancy System**) , إذ يوجد على الاقل k من المركبات المتوازية من مجموع (n) تتجح لكي ينجح النظام , أي انه :

(Popovic P. et al. , 2012, 195)

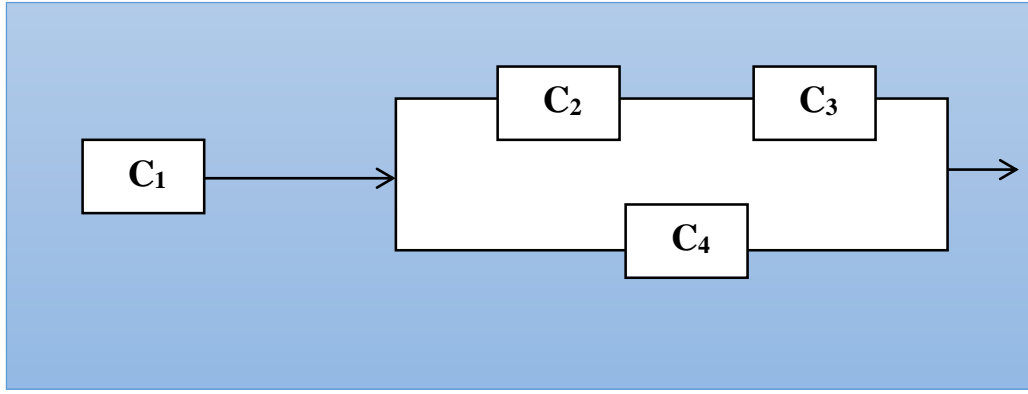
$$\psi(X, X_2, \dots, X_n) = \begin{cases} 1 & ; \quad \text{if } \sum_{i=1}^n X_i \geq k \\ 0 & ; \quad \text{if } \sum_{i=1}^n X_i < k \end{cases}$$

إذ ان معولية النظام $R_s(t)$ تكون كما في الصيغة الاتية :

$$R_s(t) = \sum_{r=k}^n \binom{n}{r} (R_i(t))^r (1 - R_i(t))^{n-r} \quad \dots (2 - 7)$$

2.5.3 الانظمة المشتركة (Combined Systems)

بعض الأنظمة، تظهر فيها الانظمة المتسلسلة والمتوازية للمركبات معًا. ومنها يمكن ايجاد المعولية الناتجة باستعمال الحل خطوة بخطوة والتبسيط التدريجي. يتم استبدال مجموعة العناصر المرتبة في سلسلة بعنصر واحد له معلمات معولية مكافئة. ويمكن أيضًا في بعض الأحيان استبدال العناصر المتوازية بعنصر مكافئ، وهكذا. يكون الوضع أسهل إذا لم تكن هناك حاجة إلى مراعاة الاعتماد على الوقت للمعولية. إذا كانت المعولية تتميز بمعدلات الفشل، فإن معدل الفشل للترتيب المتوازي ليس ثابتًا ولا توجد حلول تحليلية بسيطة ودقيقة، بل تقريبية فقط. ويمكن الحصول على نتائج أفضل باستخدام طرق المحاكاة العددية. (Balakhelia et al. 2019, 2)



الشكل (2-6) مخطط النظام المختلط (المتسلسل – المتوازي) المكون من اربعة مركبات

2.5.4 نظام الاحتياطي (Redundancy System)

تعد أنظمة الاحتياطي ضرورية لتعزيز معولية الأنظمة وتوافرها. وهي تنطوي على دمج مكونات أو أنظمة فرعية إضافية يمكن أن تتولى المهمة في حالة فشل المكون الأساسي، وبالتالي تقليل احتمالية فشل النظام بالكامل. فيمكن زيادة المعولية إذا تم تنفيذ نفس الدالة بواسطة عنصرين أو أكثر مرتبين بالتوازي. وهذا ما يسمى الاحتياطي. يمكن التمييز بين نوعين من الاحتياطي هما : (Laila et

(Kadhem, 2024, 162) (13 ,al., 2023,

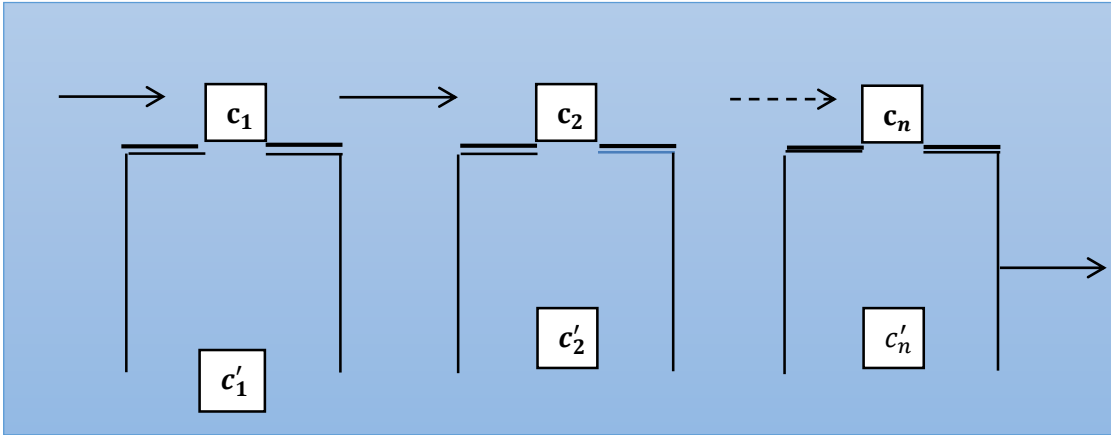
1- الاحتياطي الهيكلي (Structural Redendency) : مثل الفرامل ذات الدائرة

المزدوجة في السيارات الحديثة، ومضخة مياه احتياطية في محطة توليد الكهرباء، وربط جزأين يحملان حمولة باستعمال مسامير أكثر من اللازم للنقل الآمن للحمل، ومولد كهربائي

الفصل الثاني الجانب النظري

احتياطي لضمان إمدادات الطاقة الآمنة في المستشفى أو خط كهربائي احتياطي. يمكن أن يكون الاحتياطي نشطاً (تعمل العناصر المتوازية أو يتم تحميلها في وقت واحد) أو في وضع الاستعداد. في الحالة الأخيرة، يتم تحميل أو تشغيل عنصر واحد فقط، في حين يتم تشغيل العنصر الزائد الثاني (الثالث، وما إلى ذلك) فقط في حالة فشل العنصر الأول (Bhatti J. et al., 2020. 80). وتتمثل ميزة الاحتياطي في وضع الاستعداد في أنه يتم تحميل مكون واحد فقط وتعريضه للتآكل أو أنواع أخرى من التدهور. والعيب هو أن مثل هذا الترتيب يحتاج عادةً إلى تبديل أو عنصر مشابه، مما يزيد من التكاليف ويمكن أن يساهم أيضاً في عدم موثوقية النظام. هنالك نوعين من الاحتياطي الهيكلي هما : (Gable& Meier, 2013, 215).

أ-الإحتياطي منخفض المستوى (Low-Level Redundancy) ويستعمل عدد اضافي من المركبات لنفس المهمة المراد تنفيذها يكون لكل مكون في النظام مكون احتياطي واحد او اكثر للمكونات المتوازية , كما في الشكل الاتي. (Bhatti J.,Bhardwaj N., Kumar S., 2021 (العيساوي, 2012, 24)



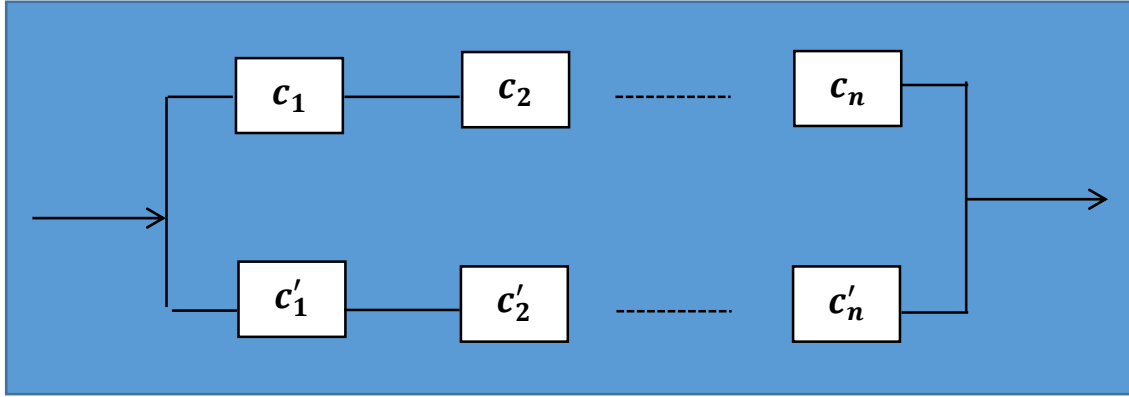
الشكل (2-7) الاحتياطي منخفض المستوى

إذ أن :

c_1, c_2, \dots, c_n هي مركبات النظام .

c'_1, c'_2, \dots, c'_n تمثل مركبات الاحتياط للنظام .

ب-الاحتياطي مرتفع المستوى (High-Level Redundancy) إذ يمكن وضع النظام بأكمله بالتوازي مع نظام احتياطي واحد أو أكثر متطابق , وأن معولية الاحتياط منخفضة المستوى أكبر من معولية الاحتياط عالي المستوى , كما في الشكل الاتي : (Myung-Ki & Heungseob, 2024, 3) (عبد الاحد, 2014, 11)



شكل (2-8) مخطط الاحتياطي مرتفع المستوى

إذ أن :

c_1, c_2, \dots, c_n هي مركبات النظام .
 c'_1, c'_2, \dots, c'_n تمثل مركبات الاحتياط للنظام .

2- الاحتياطي المحوسب (Algorithm Redundancy): ويعني احتياط بعض العمليات، على سبيل المثال القياس أو التحقق من العيوب في بعض أنواع التحكم غير المدمر، مثل الكشف بالأشعة السينية أو الموجات فوق الصوتية عن العيوب الداخلية في المسبوكات أو الشقوق المتعبة في هياكل الطائرات أو الأجنحة، بالإضافة إلى التدقيق اللغوي في ورقة للعثور على الأخطاء. يستعمل التكرار المحوسب بشكل شائع في نقل الإشارات والمعلومات، بدءًا من الإضافة البسيطة لبتات التكافؤ (أرقام التحقق) إلى الأنظمة المعقدة لتشفير المعلومات بشكل

آمن. (Pankaj et al., 2022, 12) (Du M., Li Y. F. ,2020, 198)

2.5.5 نظام التتالي الإجهاد – المتانة Cascade

(Cascade System of Stress-Strength)

يستعمل مفهوم النظام التتالي الإجهاد - المتانة في هندسة المعولية والتحليل الإحصائي لتقييم معولية النظام أو سلامته. والذي يتضمن مقارنة الضغط المطبق على النظام (الإجهاد Stress) مع قوته الكامنة (المتانة Strength). الفكرة الأساسية هي تحديد ما إذا كان الضغط الواقع على النظام هل هي في حدود قوته لضمان قدرة النظام على العمل أو التحمل دون فشل. (مزهو وسعيد, 2022, 38)

يعرف الإجهاد (الحمل) (Stress) بأنه القوة الخارجية أو الضغط أو الطلب الواقع على النظام. يمكن أن يكون، على سبيل المثال، الوزن الذي يحتاج الجسر إلى دعمه أو الضغط الذي يجب أن تتحمله الحاوية. (Karam, Nada S.; M. Yousif, 2021, 2)

أما المتانة (Strength) (السعة، المقاومة) فهي القدرة الداخلية أو المقاومة للنظام للتعامل مع الضغط المطبق. يمكن أن تكون القوة المادية للجسر أو مقاومة الضغط للحاوية. (Karam, Nada S.; M. Yousif, 2021, 2)

ويتم مقارنة الإجهاد والمتانة لتقييم سلامة أو موثوقية النظام. فإذا كان الإجهاد \geq المتانة، يعتبر النظام جيد أو موثوقاً به لأنه يمكنه التعامل مع الضغط المطبق دون فشل. إذا كان الإجهاد $<$ المتانة، فهناك خطر الفشل، وقد لا يكون النظام موثوقاً أو آمناً في ظل الظروف المحددة لتشغيله. (Enrico & Hadi, 2023, 189)

يتم استعمال مصطلح التتالي (Cascade) عندما يكون النظام جزءاً من نظام أكبر ومترابط. في مثل هذه الحالات، قد يؤدي فشل أحد المركبات إلى فشل المركبات الأخرى المترابطة. إذ يوضح إنموذج الإجهاد- المتانة بشكل عام طبيعة العلاقة بين متغيرين عشوائيين أحدهما يمثل الإجهاد والآخر يمثل المتانة، ويتلخص هذه المفهوم في تقدير أو إيجاد احتمال ان يتجاوز أحد المتغيرين المتغير الآخر. وهو نوع من نظام الانتظار الاحتياطي (Standby Redundancy) لنماذج الإجهاد - المتانة والذي يعد أسلوب لزيادة معولية النظام، إذ يقوم النظام على افتراض ان المكون الاحتياطي الذي يكون في حالة استعداد ويأخذ مكان المكون الذي فشل ويعمل في نفس بيئة العمل ويتعرض المكون الاحتياطي لاجهاد ليس بالضرورة ان يكون مشابه للإجهاد الذي تعرض له المكون الذي فشل

الفصل الثاني ————— الجانب النظري

في استمرارية العمل (Hussein & Nea'ama, 2022, 199). يعمل نظام التتالي (Cascade) من خلال المركبات المتعددة او مكونة واحده . عند العمل على نظام المكونة الواحده , يتم تنشيط المكون الاول ليواجه تأثير ضغط عشوائي , بحيث تبقى (n-1) من المركبات في وضع الاستعداد لمواجهة الضغط , اذا فشل المكون الأول في العمل يتم تنشيط المكون الثاني ليواجه الضغط المفروض عليه , وهكذا في كل مره عند فشل مكون فإنه يتم تنشيط مكون واحد فقط. وهذا يعني ان المكون الاول C_1 يكون نشط والمكون الثاني C_2 يكون في وضع الاستعداد (Standby) وهكذا نظام يسمى انموذج (1+1) Cascade وان معولية هذا النظام تكون تحت تأثير مشترك للإجهاد والمتانة . (محمد ومحمد, 2021, 108)

اما عند العمل على نظام المركبات المتعدد يتم الحصول على معولية لكل مكون , ويمكن ان يتم التعامل معها كنظام بحد ذاته ومن ثم معرفة بنية النظام ويستعمل منطق الاحتمالية للحصول على المعولية الكاملة للنظام , حيث يعمل نظام التتالي (Cascade) من خلال جعل اثنين من المركبات نشطه وإن إحدى هذين المكونين يكون مكون رئيسي والمكون الثاني يكون في حالة استعداد ويدعى هذا بنظام (2+1) Cascade اذ أن المكون الواحد سوف يواجه تأثير اجهادين, ويعتبر هذا النظام هو حالة خاصة من نظام (1+1) Cascade. (ياسين, 2022, 18) (ضيغم وحسين , 2022, 36)

في هذه الإطروحة سوف يتم العمل على نظام (3+1) Cascade من خلال جعل ثلاثة من المركبات نشطه وهي التي تعتبر مكونات رئيسية وإن إحدى هذه المركبات يكون مكون رئيسي والمكونات الباقية تكون في حالة استعداد وتشكيل الانموذج الاحصائي لدراسة معولية النظام Cascade - n وذلك بفرض ان جميع المركبات مستقلة وتتبع توزيع (DUS-Shukla) النتروسوفيكي يتألف النظام من عدد n من المركبات إذ أن $n = 2, 3$. كل مكون يعمل تحت تأثير متانة (Strength) معينة . واي مكون سوف يعمل طالما الاجهاد (Stress) المفروض عليه اقل من المتانة (Strength). (Shenghua, & Yishi, 2011, 87)

يعرّف نظام n- Cascade ايضاً بنظام التكرار الاحتياطي الهرمي (A hierarchical Standby Redundancy System) فعند فشل مكون في نظام Cascade يتم تنشيط المكون الذي يليه في وضع الاحتياط ويفشل النظام اذا فشلت كل المركبات في السلسلة المتتالية بسبب الاجهاد الاولي , متانة المكون هو الحد الادنى من الاجهاد اللازم لتسبب في فشل المكون , في نظام Cascade بعد كل فشل يتم تعديل الإجهاد من قبل عامل (k) , اي قيمة الاجهاد تساوي k هو ثابت صحيح يتغير من مكون الى اخر يعرف بعامل التوهين (Attenuation Factor) , وهذا العامل هو السبب في

الفصل الثاني _____ الجانب النظري

جعل نظام التتالي Cascade حالة خاصة من نظام الاستعداد Standby لانه يقدم عامل تحسين للمكون اللاحق من خلال اضعاف الاجهاد على المكون السابق الفاشل ويستعمل لتحديد مقدار انخفاض شدة إشارة أو تأثير معين عبر مسار معين أو خلال عملية معينة ويمكن أن يكون هذا العامل مرتبطاً بكيفية تأثير عوامل مختلفة مثل الحمل أو الظروف البيئية على المتانة الإجمالية للنظام أو المكون عبر الزمن ويمكن أن يكون له تأثير كبير على تصميم وصيانة المواد والمكونات لضمان الأداء المستدام والأمن عبر الزمن. علما ان $k_1 = 1$.

بشكل عام : (Shaoxuan et al., 2023, 278)

$$Y_2 = KY_1, Y_3 = KY_2 = K^2Y_1 \dots Y_i = K^{i-1}Y_1 \quad \text{etc} \quad , i = 1, 2, \dots \quad \dots (2 - 8)$$

2.4.5.1 إفتراضات انموذج التتالي المتعدد (n-Cascade)

يعتمد انموذج التتالي المتعدد (n-Cascade) على الإفتراضات الآتية: (Shaoxuan et al., 2023, 300)

- 1- يتألف النظام من عدد (n) من المركبات تكون متانتها العشوائية موزعة بشكل مستقل (independently).
- 2- مكون واحد فقط هو نشط والمركبات الاخرى في وضع الاحتياط, يتعرض المكون النشط للإجهاد والذي يتبع توزيع معين.
- 3- في حالة فشل المكون النشط يأخذ مكانة المكون الاحتياطي التالي.
- 4- تستمر هذه العملية المتتابة في الحالتين التاليتين:

- أ- الاجهاد الحالي بعد n من المراحل يكون اقل من متانة المكون الذي يصبح نشطا في المرحلة (n+1), وفي هذه الحالة يبقي النظام تأثير الإجهاد على الرغم من فقدان n من المركبات .
- ب- الاجهاد في المرحلة n يعادل او يزيد على متانة المكون الاخير, في هذه المرحلة يفشل النظام ويفقد الاجهاد تأثيره .

2.4.5.2 معولية نظام التتالي Cascade (Reliability of Cascade System)

ان معولية نظام (Cascade) لنماذج الإجهاد - المتانة هو احتمال أن المتانة (Strength) أكبر من الإجهاد (Stress) , بمعنى $\Pr(X > Y)$ إذ أن X تمثل المتانة (Strength) ويمثل Y الاجهاد (Stress) وان كل من الإجهاد والمتانة هي متغيران عشوائيان مستقلان. (Rohit R, 2016,)

(12)

إذا فشل المكون الأول في العمل بسبب عدم متانة المركبات أو ان المتانة اقل من الإجهاد او الضغط المسلط عليها بمعنى $\Pr(Y_1 > X_1)$, فإن هذا النظام يبقى عاملاً حتى مع فشل المكون الأول (n-1) اذا فقط اذا $(X_i \geq Y_i)$ وان $i = 1,2,3, \dots, n - 1$ وكذلك $(X_n > Y_n)$. (Doloï & J. Gogoi, 2023, 43)

ان معولية النظام R_n تبقى تعمل حتى مع فشل المكون الأول (n-1) مع بقاء المركبات الاخرى نشطة , يفشل النظام اذا فشلت جميع المركبات في العمل بسبب الإجهاد المفروض عليها . يتم الحصول على المعولية الحدية الاولى $R(1)$ لنظام Cascade وذلك بأعتماد المكون الاول C_1 بإستعمال X_1 الذي يمثل المتانة وكذلك Y_1 الذي يمثل الاجهاد , ويتم استخراج المعولية الحدية الثانية $R(2)$ وذلك بالاعتماد على المكون الثاني C_2 بعد فشل المكون الاول في مواجهة الاجهاد المسلط عليه , فان المكون الثاني سوف يواجه اجهاد بمقدار $Y_2 = KY_1$. اما بنسبة الى المكون الثالث C_3 فيتم الحصول على المعولية الحدية الثالثة $R(3)$ وذلك على اساس المكون الثالث بعد فشل المكون الثاني في مواجهة تأثير الاجهاد المفروض عليه , فإن المكون الثالث سيواجه اجهاد بمقدار $Y_3 = K^2Y_1$. (Singh,) (2013, 1),

2.6 الإنموذج الرياضي العام لنظام التتالي Cascade

(Cascade General Mathematical Model)

نفرض ان X متغير عشوائي يمثل متانة المركبات و متغير عشوائي اخر Y يمثل الاجهاد للمكونات , اذا أن معولية المركبات تكون كما في الصيغة الآتية : . (Doloï & J. Gogoi, 2023, 44)

$$R = \Pr(X > Y)$$

$$= \int_{y=0}^{\infty} \left[\int_{x=y}^{\infty} f(x) dx \right] g(y) dy \quad \dots (2 - 9)$$

ونفرض ان X_1, X_2, \dots, X_n تمثل متانة المكون لـ C_1, C_2, \dots, C_n مرتبة حسب التنشيط. تتوزع المتغيرات العشوائية X_i بشكل مستقل مع دالة كثافة احتمالية $f_i(X_i)$ إذ أن $i = 1, 2, \dots$ وكذلك نفرض Y_i يمثل الاجهاد على المركبات وهو متغير عشوائي مع دالة كثافة احتمالية $g(y_1)$ اذا كان $(X_1 \geq Y_1)$ فإن المكون الاول C_1 يعمل والنظام يعمل, واذا كان $(X_1 < Y_1)$ يؤدي الى فشل المكون C_1 ثم المكون الثاني C_2 يأخذ مكانه مع متانة X_2 على الرغم من ان النظام عانى من فقدان مكون واحد فإنه يبقى يعمل اذا $(Y_1 \leq X_2)$. (Kong et al., 2020, 288).

وان الصيغة الرياضية لمعولية نظام التتالي **Cascade** هي :

$$R_n = R(1) + R(2) + \dots + R(n) \quad \dots (2 - 10)$$

وتعطي الدالة الحدية لمعولية $R(n)$ وهو نظام المعولية للمكون n^{th} كالآتي :

$$R(n) = P \left[\left\{ \bigcap_{i=1}^{n-1} (X_i < Y_i) \right\} \bigcap (X_n \geq Y_n) \right] \quad \dots (2 - 11)$$

$$= P[X_1 < K_1^* Y_1, X_2 < K_2^* Y_1, \dots, X_{n-1} < K_{n-1}^* Y_1, X_n \geq K_n^* Y] \quad \dots (2 - 12)$$

$$= \int_0^{\infty} \left[\int_0^{K_1^* Y_1} f_1(x_1) dx_1 \int_0^{K_2^* Y_1} f_2(x_2) dx_2 \dots \int_0^{K_{n-1}^* Y_1} f_{n-1}(x_{n-1}) dx_{n-1} \int_{K_n^* Y}^{\infty} f_n(x_n) dx_n \right] g(y_1) dy \quad \dots (2 - 13)$$

$$= \int_0^{\infty} [F_1(K_1^* Y_1) F_2(K_2^* Y_1) \dots F_{n-1}(K_{n-1}^* Y_1) \bar{F}_n(K_n^* Y)] g(y_1) dy \quad \dots (2 - 14)$$

أذن :

$$F_i(K_i^* Y_1) = \int_0^{K_i^* Y_1} f_i(x_i) dx_i$$

$$\bar{F}_i(K_i^* Y_1) = 1 - F_i(K_i^* Y_1) \quad \dots (2 - 15)$$

إذ أن $k^* = k^{i-1}$, $i = 1, 2, \dots$

الفصل الثاني — الجانب النظري

وعليه تكون معولية نظام **n- Cascade** هي مجموع حاصل جمع المعولية لكل مركبة R_i

$$R_n = \sum_{i=1}^n R_i \quad \dots (2 - 16)$$

ويمكن من الصيغة اعلاه حساب معولية نظام **n- Cascade** لأي توزيع.

2.9 المنطق النتروسوفيكي (Neutrosophic Logic)

قدم المنطق النيوتروسوفيكي من قبل سماراندشي (Smarandache) عام (1980) كتوسيع للمنطق الضبابي كفرع جديد يدرس أصل وطبيعة ومجال اللاتحديد بالإضافة إلى تفاعل كل الأطياف المختلفة التي يتخيلها الإنسان في قضية ما بحيث يأخذ هذا المنطق بعين الاعتبار كل فكرة مع ضدها (نقيضها) مع الاخذ بعين الاعتبار اللاتحديد. الفكرة الرئيسية للمنطق النتروسوفيكي هي تمييز كل عنصر منطقي في ثلاثة أبعاد هي الصحة **T (Truth)** بدرجات و الخطأ **F (False)** بدرجات و اللاتحديد **I (Indeterminacy)** بدرجات بحيث يعب عنه بالشكل $\langle T, I, F \rangle$ لاعطاء وصف أكثر دقة لبيانات الظاهرة المدروسة إذ إن ذلك يقلل من درجة العشوائية في البيانات الذي من شأنه الوصول إلى نتائج عالية الدقة تساهم في اتخاذ أمثل للقرارات لدى متخذي القرار. فإذا كان لدينا عنصر معين مثل **A** ، قد يكون فكرة أو صفة أو اقتراح أو نظرية أو ... الخ والذي نعبر عنه في النتروسوفيك بالشكل $(A, \text{neut } A, \text{anti } A)$ حيث **anti A** هو الحدث الضد لـ **A** . بينما **neut A** وهي مختصر لـ (Neutrality) بمعنى الحياد مثل العنصر المحايد الذي لا ينتمي بشكل كامل للحقيقة ولا للخطأ. يمكن أن يكون هذا العنصر جزءاً من الحقيقة وجزءاً من الخطأ أو يمكن أن يكون مستقلاً تماماً عنهما. وهو ليس **A** وأيضاً ليس **anti A** وإنما هو حدث غير محدد متعلق بـ **A** ويمكن أن يمثل حالة من العدم أو الشك أو عدم اليقين ، فمثلاً إذا كان **A** يمثل فوز فريق ما فإن **anti A** يمثل خسارته و **neut A** يمثل تعادله مع الفريق الآخر. وأيضاً إذا كان **A** يمثل التصويت لمرشح ما فإن **anti A** يمثل التصويت ضد هذا المرشح بينما **neut A** يمثل عدم التصويت أبداً أو التصويت ببطاقة فارغة أو ببطاقة باطلة. (سلامة والحبيب ، 2021 ، 5-6) . (Smarandache, 2013, 4) (Dodouh, 2020, 217)

في المنطق النتروسوفيكي يتم استعمال مجموعة فرعية من الحقيقة (أو عدم التحديد، أو الخطأ)، بدلاً من رقم واحد فقط، لأنه في كثير من الحالات لا يمكن تحديد النسب المئوية للحقيقة والخطأ بشكل دقيق ولكن نستطيع تقريبهما. فمثلاً ، يكون الاقتراح بين 30 -40% صحيح وبين 60-70%

الفصل الثاني — الجانب النظري

غير صحيح ، والأسوأ من ذلك: بين 30-40% أو 45-50% صحيح (وفقًا لمختلف المحللين)، و60% أو بين 66-70% غير. المجموعات الفرعية ليست فترات ضرورية، ولكن أي مجموعات (منفصلة، مستمرة، مفتوحة أو مغلقة أو نصف مفتوحة/نصف مغلقة، تقاطعات أو اتحادات للمجموعات السابقة، وما إلى ذلك) وفقًا للافتراض المحدد. قد تحتوي المجموعة الفرعية على عنصر واحد فقط في حالات خاصة بهذا المنطق. (Smarandache, 2013, 5)

2.10 المجموعة النيتروسوفيكية (Neutrosophic Set)

إن مفهوم المجموعة النيتروسوفيكية (Neutrosophic Set) نشأ من النيتروسوفيا (Neutrosophy) التي تأسست على يد فلورنتين سمارانداش (Florntin Smarandache, 1980) كفرع جديد من الفلسفة يدرس أصل وطبيعة ونطاق الحياد ، فضلا عن تفاعلاتها مع الأطياف الفكرية المختلفة ومن ثم طورت كتعميم لنظرية المجموعات الكلاسيكية ونظرية المجموعات الضبابية. تتميز المجموعات النيتروسوفيكية بثلاث قيم: الصواب، الخطأ، وعدم التحديد (الحياد) ، وهذا يسمح بنمذجة عدم اليقين، وعدم التحديد، والمعلومات غير المتسقة بطريقة بصورة أكثر شمولاً من نظرية المجموعات الكلاسيكية أو نظرية المجموعات الضبابية (Fuzzy set theory). (Javier & Francisco, 2021, 12)

تم تطبيق نظرية المجموعات النيتروسوفيكية على مجموعة واسعة من المجالات، بما في ذلك الهندسة والعلوم والطب والاقتصاد والمالية. وقد تم استعماله لنمذجة مشاكل مثل اتخاذ القرار في ظل عدم اليقين، وتقييم المخاطر، والتشخيص الطبي. (Kalaivani & Palanivel, 2023, 78)

2.11 الإحصاء النيتروسوفيكي (Neutrosophic Statistics)

يشير مصطلح الإحصاء النيتروسوفيكي إلى مجموعة من البيانات، أو جزء منها غير محدد إلى حد ما، وإلى الطرائق المستعملة لتحليل تلك البيانات. وهو شكل موسع من الإحصاء الكلاسيكي، يتعامل مع قيم واضحة وفيه يتم تحديد كافة البيانات؛ هذا هو الفرق بين الإحصاء النيتروسوفيكي والإحصاء الكلاسيكي. ففي كثير من الحالات، عندما يكون عدم التحديد صفرًا، تتزامن الإحصائيات النيتروسوفيكية مع الإحصائيات الكلاسيكية. يمكننا استخدام المقياس النيتروسوفيكي لقياس البيانات غير المحددة. ستمكننا الأساليب الإحصائية النيتروسوفكية من تفسير وتنظيم البيانات النيتروسوفكية

الفصل الثاني ————— الجانب النظري

(البيانات التي قد تحتوي على بعض عدم التحديد) من أجل الكشف عن الأنماط الأساسية. كما هو الحال في الاحتمال النيوتروسوفيكي، أن عدم التحديد يختلف عن العشوائية. في حين أن الإحصاء الكلاسيكي يشير إلى العشوائية فقط، فإن الإحصاء النيوتروسوفيكي يشير إلى العشوائية وخاصة عدم التحديد.

(Smarandache, 2014, 8-10)

يتكون الإحصاء الوصفي النيوتروسوفيكي من طرائق تلخيص ووصف خصائص البيانات العددية النيوتروسوفيكية.

نظرًا لأن البيانات العددية النيوتروسوفيكية تحتوي على عدم تحديد، فإن الرسوم البيانية الخطية النيوتروسوفيكية والمخططات التكرارية النيوتروسوفية يتم تمثيلها في مساحات ثلاثية الأبعاد، بدلاً من المسافات ثنائية الأبعاد كما هو الحال في الإحصاء الكلاسيكي. البعد الثالث، بالإضافة إلى النظام الديكارتي **XOY**، هو بعد عدم التحديد (I). من عروض البيانات الرسومية غير الواضحة يمكننا استخلاص معلومات نيوتروسوفيكية (غير واضحة). تتكون الإحصائيات الاستدلالية النيوتروسوفيكية من أساليب تسمح بالتعميم من العينة النيوتروسوفيكية إلى المجتمع ————— مع الذي تم اختيار العينة منه.

(Smarandache & Pramanik, 2016, 234)

2.12 الاعداد النترسوفيكية (Neutrosophic Numbers)

تتعامل النترسوفيكيا مع فكرة عدم التحديد أو الحقيقة الجزئية، اذ يمكن أن تكون العبارة صحيحة وخاطئة وغير محددة في نفس الوقت، بدرجات متفاوتة. توسع الأرقام النترسوفيكية هذه الفكرة لتشمل القيم العددية. (Pramanik & Banerjee, 2018, 455)

يتكون العدد النترسوفيكي من جزأين، الأول الجزء المحدد والثاني الجزء غير المحدد كما مبين في الصورة الآتية: (Kalaivani K.& Kaliyaperumal, 2023, 536)

$$\alpha = m + nI \dots (2-17)$$

اذ أن:

m يمثل الجزء المحدد

nI الجزء الغير محدد

I هي عدم التحديد (Indeterminacy)

فاذا كانت $I = [I^L, I^U]$ فان الرقم النيتروسوفيكي يكتب كالاتي:

$$\begin{aligned} \alpha &= p + qI \\ &= [p + qI^L, p + qI^U] \\ &= [\alpha^L, \alpha^U] \quad \dots (2 - 18) \end{aligned}$$

وعلية فان العدد النيتروسوفيكي يمثل بالشكل $\langle T, I, F \rangle$ والذي يتميز بثلاث دوال هي :

(Reig-Mullor & Salas-Molina, 2022, 2890) (Deli & Subas, 2014, 3)

1. p يمثل دالة الانتماء والتي تشير الى درجة الصحة (Membership Function) وتتراوح قيمها بين الصفر والواحد الصحيح.
2. q يمثل دالة الانتماء والتي تشير الى درجة اللاصحة (Non-membership Function) وتتراوح قيمها بين الصفر والواحد الصحيح.
3. I تشير إلى دالة لدرجة عدم تحديد الرقم أو حياده (Indeterminacy Function) ، وتتراوح قيمها بين الصفر والواحد الصحيح.

$$\text{وان } p + q + I \leq 3$$

ان الأرقام النيتروسوفيكية تطبق في مجالات مختلفة مثل اتخاذ القرار، والذكاء الاصطناعي، والمنطق الضبابي، ونمذجة عدم اليقين اذ إنها توفر طريقة لتمثيل المعلومات غير المؤكدة أو الغامضة والتعامل معها بطريقة منهجية، مما يسمح بإجراء تحليل واستدلال أكثر دقة في المواقف التي قد تفشل فيها الأساليب العددية التقليدية. (E Lathanayagam & Anand, 2019, 439)

2.13 التوزيع النيتروسوفيكي (Neutrosophic distribution)

يمتد التوزيع الكلاسيكي بشكل محايد. وهذا يعني أن هناك بعض عدم التحديد المتعلق بالتجربة الاحتمالية. كل مشاهدة تجريبية لكل تجربة يمكن أن تؤدي إلى نتيجة كل تجربة يمكن أن تؤدي إلى نتيجة تسمى الفشل (F) أو بعض عدم التحديد (I). (Granadosa et al., 2022, 381).

نظرية النيتروسوفيا التي قدمها سمرانداش عام 1995. هي فرع جديد من الفلسفة، قدمت كتعميم للمنطق الضبابي، وكتعميم للمنطق الضبابي الحدسي. المفاهيم الأساسية للمجموعة النيتروسوفيكية، التي قدمها سمرانداش ، وسلامة وآخرون يوفر أساساً جديداً للتعامل مع القضايا التي تحتوي على بيانات غير محددة. قد تكون البيانات غير المحددة أرقاماً. (Ahsan-ul-Haq et al., 2024, 165)

2.14 توزيع Shukla (Shukla Distribution)

يعد توزيع (Shukla) من توزيعات اوقات الحياة الذي يستعمل في العلوم الطبية والحيوية والهندسية الذي اقترح من قبل (Rama Shanker) و (Kamlesh Kumar Shukla) في عام (2020) الناتج من خلط التوزيع الأسي بالمعلمة (θ) وتوزيع كما (Gamma distribution) بالمعلمتين $(\alpha+1, \theta)$ بإستعمال معلمة الخلط الآتية: (Shukla & Shanker, 2020, 48)

$$p = \frac{\theta^{\alpha+1}}{\theta^{\alpha+1} + \Gamma(\alpha + 1)} \quad \dots (2 - 19)$$

وحسب قاعدة خلط التوزيعات الآتية:

$$f(x, \theta, \alpha) = p g_1(x, \theta) + (1 - p) g_2(x, \alpha + 1, \theta) \quad \dots (2 - 20)$$

اذ ان :

$$g_1(x, \theta) = \theta e^{-\theta x} \quad \dots (2 - 21)$$

$$g_2(x, \alpha + 1, \theta) = \frac{\theta^{\alpha+1}}{\Gamma(\alpha + 1)} x^{\alpha} e^{-\theta x} \quad \dots (2 - 22)$$

ويكون التوزيع الناتج من الخلط والذي سمي بتوزيع (Shukla distribution) معرف

بدالة الكثافة الاحتمالية الآتية:

$$\begin{aligned}
 f(x, \theta, \alpha) &= \frac{\theta^{\alpha+1}}{\theta^{\alpha+1} + \Gamma(\alpha + 1)} \theta e^{-\theta x} + \left(1 - \frac{\theta^{\alpha+1}}{\theta^{\alpha+1} + \Gamma(\alpha + 1)}\right) \frac{\theta^{\alpha+1}}{\Gamma(\alpha + 1)} x^\alpha e^{-\theta x} \\
 &= \frac{\theta^{\alpha+1}}{\theta^{\alpha+1} + \Gamma(\alpha + 1)} \theta e^{-\theta x} + \left(\frac{\theta^{\alpha+1} + \Gamma(\alpha + 1)}{\theta^{\alpha+1} + \Gamma(\alpha + 1)}\right. \\
 &\quad \left. - \frac{\theta^{\alpha+1}}{\theta^{\alpha+1} + \Gamma(\alpha + 1)}\right) \frac{\theta^{\alpha+1}}{\Gamma(\alpha + 1)} x^\alpha e^{-\theta x} \\
 &= \frac{\theta^{\alpha+1}}{\theta^{\alpha+1} + \Gamma(\alpha + 1)} \theta e^{-\theta x} \\
 &\quad + \left(\frac{\theta^{\alpha+1} + \Gamma(\alpha + 1) - \theta^{\alpha+1}}{\theta^{\alpha+1} + \Gamma(\alpha + 1)}\right) \frac{\theta^{\alpha+1}}{\Gamma(\alpha + 1)} x^\alpha e^{-\theta x} \\
 &= \frac{\theta^{\alpha+1}}{\theta^{\alpha+1} + \Gamma(\alpha + 1)} \theta e^{-\theta x} + \frac{\Gamma(\alpha + 1)}{\theta^{\alpha+1} + \Gamma(\alpha + 1)} \frac{\theta^{\alpha+1}}{\Gamma(\alpha + 1)} x^\alpha e^{-\theta x} \\
 &= \frac{\theta^{\alpha+1}}{\theta^{\alpha+1} + \Gamma(\alpha + 1)} \theta e^{-\theta x} + \frac{\theta^{\alpha+1}}{\theta^{\alpha+1} + \Gamma(\alpha + 1)} x^\alpha e^{-\theta x}
 \end{aligned}$$

$$\therefore f(x, \theta, \alpha) = \frac{\theta^{\alpha+1}}{\theta^{\alpha+1} + \Gamma(\alpha + 1)} (\theta + x^\alpha) e^{-\theta x} ; x > 0, \theta > 0, \alpha \geq 0 \dots (2 - 2)$$

(Shukla & Shanker, 2020, 48)

وكحالات خاصة من توزيع (Shukla) الآتي:

1- عندما $\alpha=0$ نحصل على التوزيع الأسّي بالمعلمة θ

$$f(x, \theta) = \theta e^{-\theta x} \quad \dots (2 - 23)$$

1- عندما $\alpha=1$ نحصل على Shanker بالمعلمة θ

$$f(x, \theta) = \frac{\theta^2}{\theta^2 + 1} (\theta + x) e^{-\theta x} ; x > 0, \theta > 0 \quad \dots (2 - 24)$$

(Shanker, 2015)

2- عندما $\alpha=2$ نحصل على توزيع Ishita :

$$f(x, \theta) = \frac{\theta^3}{\theta^3 + 2} (\theta + x^2) e^{-\theta x} ; x > 0, \theta > 0 \dots (2 - 25)$$

(Shanker & Shukla, 2017)

3- عندما $\alpha=3$ نحصل على توزيع Pranav :

$$f(x, \theta) = \frac{\theta^4}{\theta^4 + 6} (\theta + x^4) e^{-\theta x} ; x > 0, \theta > 0 \dots (2 - 26)$$

(Shukla, 2018)

4- عندما $\alpha=4$ نحصل على توزيع Pranav :

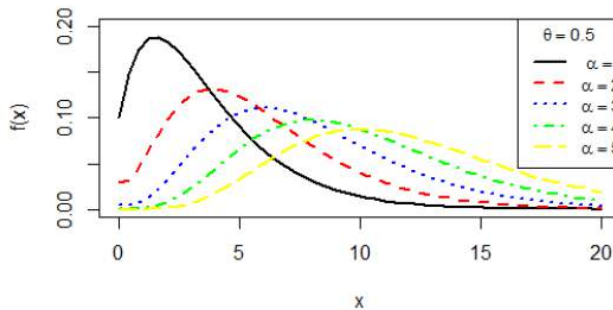
$$f(x, \theta) = \frac{\theta^5}{\theta^5 + 24} (\theta + x^5) e^{-\theta x} ; x > 0, \theta > 0, \dots (2-27)$$

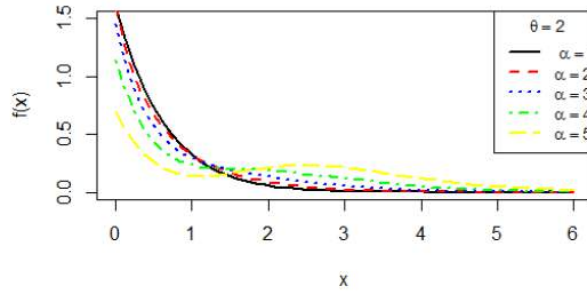
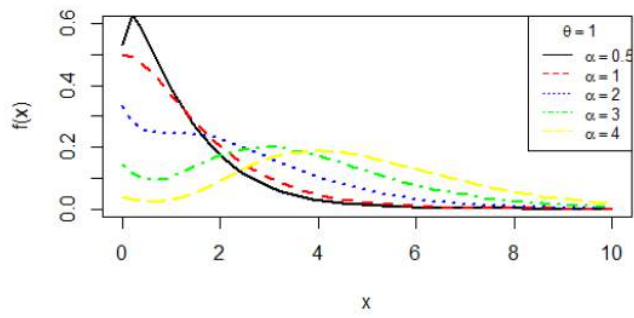
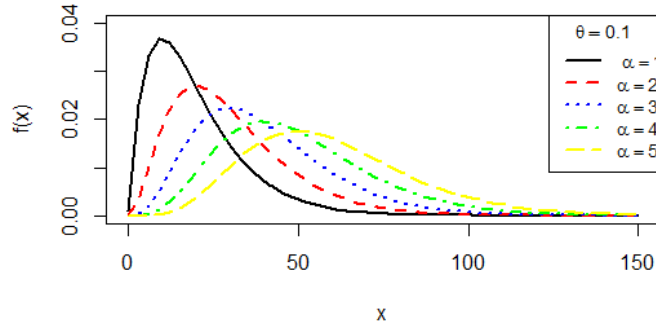
(Shanker, 2017)

5- عندما $\alpha=5$ نحصل على توزيع Ram Awadh :

$$f(x, \theta) = \frac{\theta^6}{\theta^6 + 120} (\theta + x^5) e^{-\theta x} ; x > 0, \theta > 0 \dots (2 - 28)$$

(Shukla, 2018)





شكل (2-11) منحى دالة الكثافة الاحتمالية لتوزيع Shukla عندما $\alpha=1,2,3,4,5$

و $\theta=0.5, 0.8, 1$ على التوالي (Shukla & Shanker, 2020, 48-49)

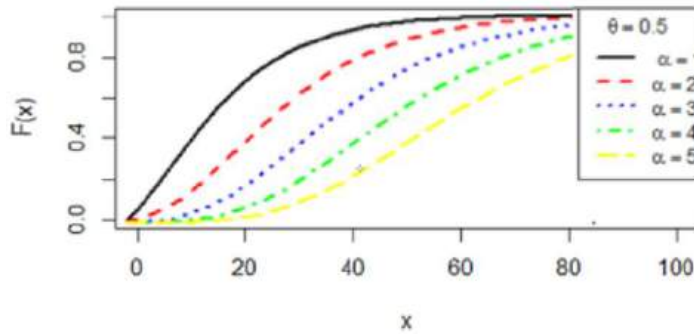
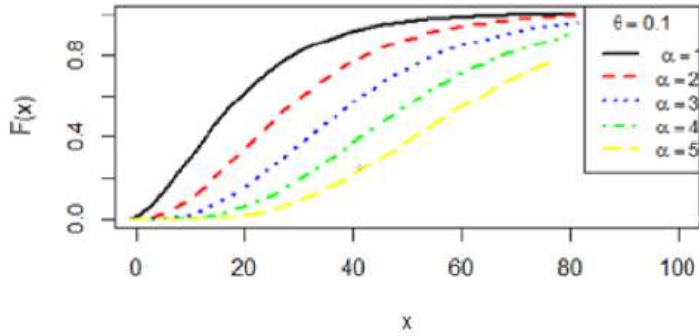
وان دالة الكثافة الاحتمالية التجميعية (Cumulative distribution function CDF) للتوزيع تكون كالآتي:

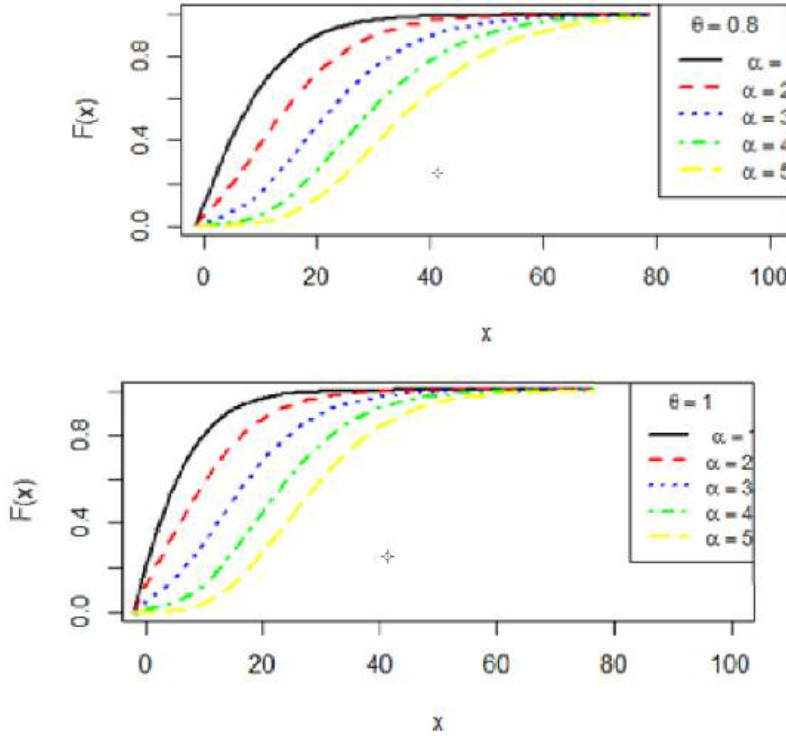
$$F(x, \theta, \alpha) = p(X \leq x) = \int_0^x f(u, \theta, \alpha) du$$

$$= 1 - \int_x^{\infty} f(u, \theta, \alpha) du$$

$$\begin{aligned}
 &= 1 - \int_x^{\infty} \frac{\theta^{\alpha+1}}{\theta^{\alpha+1} + \Gamma(\alpha + 1)} (\theta + u^\alpha) e^{-\theta u} du \\
 &= 1 - \frac{\theta^{\alpha+1}}{\theta^{\alpha+1} + \Gamma(\alpha + 1)} \left[\int_x^{\infty} (\theta + u^\alpha) e^{-\theta u} du \right] \\
 &= 1 - \frac{\theta^{\alpha+1}}{\theta^{\alpha+1} + \Gamma(\alpha + 1)} \left[\theta \int_x^{\infty} e^{-\theta u} du + \int_x^{\infty} u^\alpha e^{-\theta u} du \right] \\
 &= 1 - \frac{\theta^{\alpha+1}}{\theta^{\alpha+1} + \Gamma(\alpha + 1)} \left[e^{-\theta x} + \frac{e^{-\theta x} (\theta x)^\alpha + \alpha \Gamma(\alpha, \theta x)}{\theta^{\alpha+1}} \right]
 \end{aligned}$$

$$\therefore F(x, \theta, \alpha) = 1 - \frac{\theta^\alpha (\theta + x^\alpha) e^{-\theta x} + \alpha \Gamma(\alpha, \theta x)}{\theta^{\alpha+1} + \Gamma(\alpha + 1)} ; x > 0, \theta > 0, \alpha \geq 0 \dots (2 - 29)$$



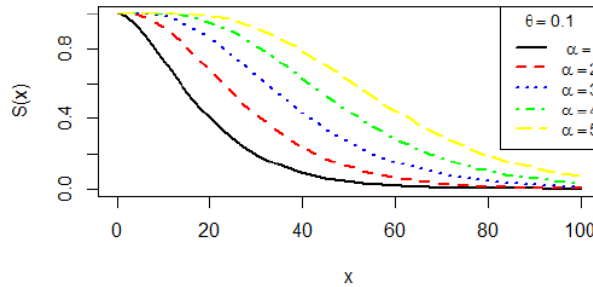


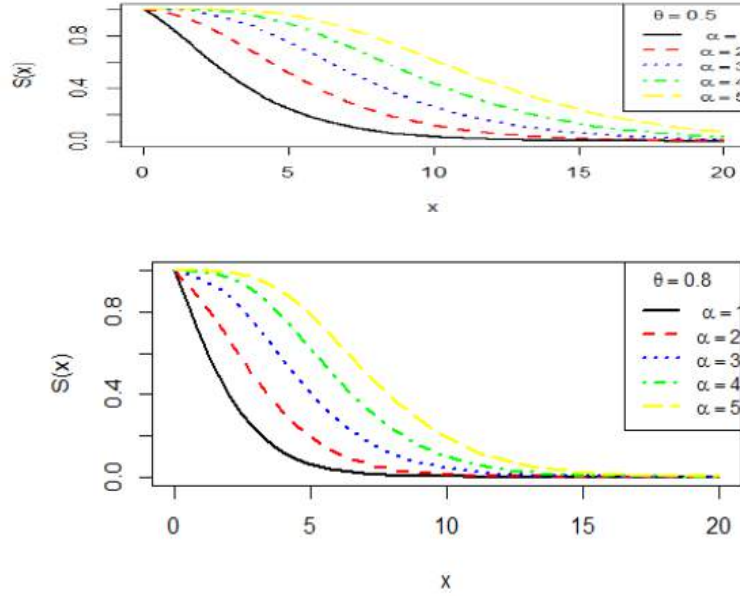
شكل (2-12) منحنى دالة الكثافة الاحتمالية التراكمية لتوزيع Shukla عندما $\alpha=1,2,3,4,5$

و $\theta=0.5, 0.8, 1$ على التوالي (Shukla & Shanker, 2020, 49-49)

وان دالة المعولية (Reliability function R) للتوزيع تكون كالآتي:

$$\begin{aligned}
 R(x, \theta, \alpha) &= p(X > x) = \int_x^{\infty} f(u, \theta, \alpha) du \\
 &= 1 - F(x, \theta, \alpha) \\
 &= \frac{\theta^{\alpha}(\theta+x^{\alpha})e^{-\theta x} + \alpha\Gamma(\alpha, \theta x)}{\theta^{\alpha+1} + \Gamma(\alpha+1)} ; x > 0, \theta > 0, \alpha \geq 0 \dots (2-30)
 \end{aligned}$$





شكل (2-13) منحنى دالة المعولية لتوزيع Shukla عندما $\alpha=1,2,3,4,5$ و $\theta=0.5, 0.8, 1$ على التوالي (Shukla & Shanker, 2020, 49)

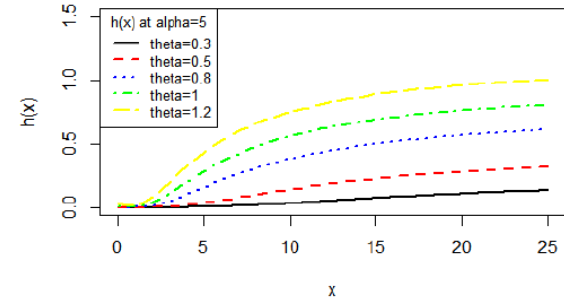
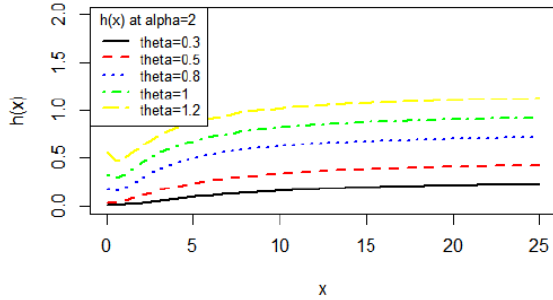
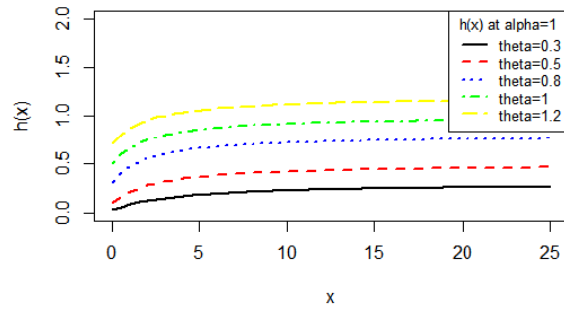
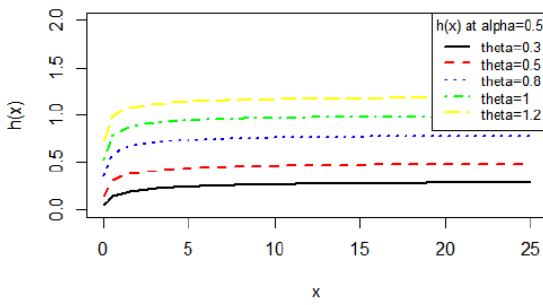
وان دالة الخاطرة (Hazard Rate) للتوزيع تكون كالاتي:

$$h(x, \theta, \alpha) = \frac{f(x)}{R(x)}$$

$$= \frac{\theta^{\alpha+1}}{\theta^{\alpha+1} + \Gamma(\alpha + 1)} (\theta + x^\alpha) e^{-\theta x}$$

$$= \frac{\theta^\alpha (\theta + x^\alpha) e^{-\theta x} + \alpha \Gamma(\alpha, \theta x)}{\theta^{\alpha+1} + \Gamma(\alpha + 1)}$$

$$\begin{aligned}
 & \frac{\theta^{\alpha+1}}{\theta^{\alpha+1} + \Gamma(\alpha + 1)} (\theta + x^\alpha) e^{-\theta x} \\
 = & \frac{\theta^{\alpha+1} (\theta + x^\alpha) e^{-\theta x}}{\theta^{\alpha+1} + \Gamma(\alpha + 1)} \\
 = & \frac{\theta^{\alpha+1} (\theta + x^\alpha) e^{-\theta x}}{\theta^\alpha (\theta + x^\alpha) e^{-\theta x} + \alpha \Gamma(\alpha, \theta x)} \quad \dots (2 - 31)
 \end{aligned}$$



شكل (2-14) منحني دالة المخاطرة لتوزيع Shukla عندما $\alpha=0.5, 1, 2, 5$

و $\theta=0.3, 0.5, 0.8, 1, 1.2$ على التوالي [Shukla & Shanker, 2020, 49]

2.15 توزيع Shukla النتروسوفيكي - DUS المضاعف المقترح

(Doubly DUS- Neutrosophic Shukla Distribution)

تتضمن عملية تحويل توزيع (Shukla) التقليدي إلى توزيع نيوتروسوفي-DUS مضاعف بإدخال عدم اليقين النيوتروسوفيكي إلى بيانات العينة أولاً ومن ثم إلى معلمات التوزيع الأصلي ثانياً وفق المراحل الآتية:

المرحلة الأولى: (Nayana et al., 2022) (Granadosa et al., 2022)

في هذه المرحلة يتم تحويل توزيع (Shukla) التقليدي إلى نتروسوفيكي بالبيانات على افتراض أن $I_N \in (I_L, I_U)$ فترة غير محددة بحيث أن (N) يشير إلى رقم إحصائي نتروسوفيكي وليكن:

$$X_N = X_L + X_U I_N \dots (2 - 31)$$

يمثل متغير عشوائي له توزيع (Shukla) النتروسوفيكي (Neutrosophic Shukla) الذي يعد تعميم لتوزيع (Shukla) التقليدي بحيث يتعامل مع كافة البيانات حتى وإن كانت معروفة بشكل غير محدد وفقاً لدالة كثافة الاحتمال الآتية:

$$\begin{aligned} g(x_N, \theta, \alpha) &= \frac{\theta^{\alpha+1}}{\theta^{\alpha+1} + \Gamma(\alpha + 1)} (\theta + x_N^\alpha) e^{-\theta x_N} \\ &+ \left(\frac{\theta^{\alpha+1}}{\theta^{\alpha+1} + \Gamma(\alpha + 1)} (\theta + x_N^\alpha) e^{-\theta x_N} \right) I_N \\ &= \left[\frac{\theta^{\alpha+1}}{\theta^{\alpha+1} + \Gamma(\alpha + 1)} (\theta + x_N^\alpha) e^{-\theta x_N} \right] (1 + I_N) \end{aligned}$$

وعندما ($I_N = 0$) فإن توزيع (Shukla) النتروسوفيكي (Neutrosophic Shukla) يؤول إلى توزيع (Shukla) التقليدي.

بدالة كثافة احتمالية تراكمية نتروسوفيكية :

$$\begin{aligned}
 G(x_N, \theta, \alpha) &= \left[1 - \frac{\theta^\alpha (\theta + x_N^\alpha) e^{-\theta x_N} + \alpha \Gamma(\alpha, \theta x_N)}{\theta^{\alpha+1} + \Gamma(\alpha + 1)} \right] \\
 &+ \left[1 - \frac{\theta^\alpha (\theta + x_N^\alpha) e^{-\theta x_N} + \alpha \Gamma(\alpha, \theta x_N)}{\theta^{\alpha+1} + \Gamma(\alpha + 1)} \right] I_N \\
 &= \left[1 - \frac{\theta^\alpha (\theta + x_N^\alpha) e^{-\theta x_N} + \alpha \Gamma(\alpha, \theta x_N)}{\theta^{\alpha+1} + \Gamma(\alpha + 1)} \right] (1 + I_N) \dots (2 - 32)
 \end{aligned}$$

ودالة مخاطرة :

$$h(x_N, \theta, \alpha) = \frac{\theta^{\alpha+1} (\theta + x_N^\alpha) e^{-\theta x_N}}{\theta^\alpha (\theta + x_N^\alpha) e^{-\theta x} + \alpha \Gamma(\alpha, \theta x_N)} \dots (2 - 33)$$

$$I_N \in (I_L, I_U)$$

x_N متغير عشوائي نتروسوفيكية

$$\theta > 0, \alpha \geq 0$$

المرحلة الثانية: (Qi Duan et al., 2021) (رفيف وآخرون, 2018)

تم الاعتماد على المنهج الذي إتبعه (Florentin Smarandache) مؤسس منطق

النيتروسوفيك في التعامل مع التوزيعات الاحتمالية الكلاسيكية المستمرة لتحويل توزيع (Shukla)

الى توزيع نتروسوفيكية بالمعلمات وفقاً لدالة كثافة الاحتمال الآتية:

$$f(x_N, \theta_N, \alpha_N) = \frac{\theta_N^{\alpha_N+1}}{\theta_N^{\alpha_N+1} + \Gamma(\alpha_N + 1)} (\theta_N + x_N^{\alpha_N}) e^{-\theta_N x_N} \dots (2 - 34)$$

بدالة كثافة احتمالية تراكمية نتروسوفيكية :

$$\begin{aligned}
 G(x_N, \theta_N, \alpha_N) &= \left[1 - \frac{\theta_N^{\alpha_N} (\theta_N + x_N^{\alpha_N}) e^{-\theta_N x_N} + \alpha_N \Gamma(\alpha_N, \theta_N x_N)}{\theta_N^{\alpha_N+1} + \Gamma(\alpha_N + 1)} \right] \\
 &+ \left[1 - \frac{\theta_N^{\alpha_N} (\theta_N + x_N^{\alpha_N}) e^{-\theta_N x_N} + \alpha_N \Gamma(\alpha_N, \theta_N x_N)}{\theta_N^{\alpha_N+1} + \Gamma(\alpha_N + 1)} \right] I_N
 \end{aligned}$$

$$= \left[1 - \frac{\theta_N^{\alpha_N} (\theta_N + x_N^{\alpha_N}) e^{-\theta_N x_N} + \alpha_N \Gamma(\alpha_N, \theta_N x_N)}{\theta_N^{\alpha_N + 1} + \Gamma(\alpha_N + 1)} \right] (1 + I_N) \dots (2 - 35)$$

اذ أن:

ودالة مخاطرة :

$$h(x_N, \theta_N, \alpha_N) = \frac{\theta_N^{\alpha_N + 1} (\theta_N + x_N^{\alpha_N}) e^{-\theta_N x_N}}{\theta_N^{\alpha_N} (\theta_N + x_N^{\alpha_N}) e^{-\theta_N x} + \alpha_N \Gamma(\alpha_N, \theta_N x_N)} \dots (2 - 36)$$

$$I_N \in (I_L, I_U)$$

x_N متغير عشوائي نيتروسوفيكي

θ_N معلمة القياس النيتروسوفيكية

α_N معلمة الشكل النيتروسوفيكية

المرحلة الثالثة:

(Hassan & Aslam, 2023 ((Nayana et al., 2022)) Khan1, 2023)

تم استعمال طريقة لايجاد توزيع احتمالي نيتروسوفيكي DUS بالبيانات وبالمعلمات عن

تحويلة DUS هي اختصار لـ (Decumulative Uniformization Scheme)

أو تُعرف أيضًا أحيانًا بـ (Distribution Uniform Scheme) وفي بعض الأدبيات يطلق عليها

اسم (Decumulative Scheme of Unification) وتستعمل لتحويل أي دالة توزيع احتمالي

(PDF) أو (CDF) إلى توزيع جديد له خصائص خاصة، غالبًا لأغراض تسهيل التحليل أو إنشاء

توزيعات جديدة بخصائص مرغوبة مثل التوزيعات التي تتبع نمط البقاء أو الفشل لإعطاء مرونة أكبر

في نمذجة البيانات و تكوين توزيعات ذات ذيول ثقيلة أو خفيفة حسب الحاجة. و لتسهيل حسابات معينة

مثل معدل الخطر أو الاحتمالات التراكمية. وفي تحليل البقاء (Survival Analysis) وتحويل

توزيعات لتكوين توزيعات جديدة أكثر مرونة نمذجة البيانات في الهندسة والعلوم الحيوية.

يعد ربط تحويلة DUS مع التوزيع النيتروسوفيكي (Neutrosophic Distribution)

يفتح مجالًا رائعًا في التطبيقات الإحصائية الحديثة، خصوصًا في بيئة اللايقين والضبابية

(Uncertainty & Indeterminacy)، وهي جوهر النيتروسوفية. فهي DUS عند توليد

الفصل الثاني ————— الجانب النظري

توزيعات جديدة مرنة قادرة على استيعاب الغموض واللايقين، كما في البيانات النيتروسوفيكية. وتحسين نمذجة الخطر (Hazard Modeling) في الأنظمة النيتروسوفيكية، خاصة عند التعامل مع بيانات غير مكتملة أو فيها تردد. تحويل توزيع نيتروسوفيكي أولي إلى توزيع "معدّل" يعطي وزنًا أكبر لاحتمالات البقاء أو الفشل بناءً على درجات (T, I, F). دمج التقديرات النيتروسوفيكية مع أدوات إحصائية تقليدية بفضل مرونتها. وفي اتخاذ القرار فإن التوزيع الناتج من DUS يوازن بين البيانات "الواضحة" و"المبهمة"، مما يعطي قرارات أكثر اتزانًا.

تحويلة (DUS) لها دالة الكثافة الاحتمالية الآتية:

$$g(x) = \frac{1}{e-1} f(x) e^{F(x)} \quad \dots (2-37)$$

بدالة كثافة احتمالية تراكمية (Cumulative distribution function):

$$g(x) = \frac{1}{e-1} [e^{F(x)} - 1] \quad \dots (2-38)$$

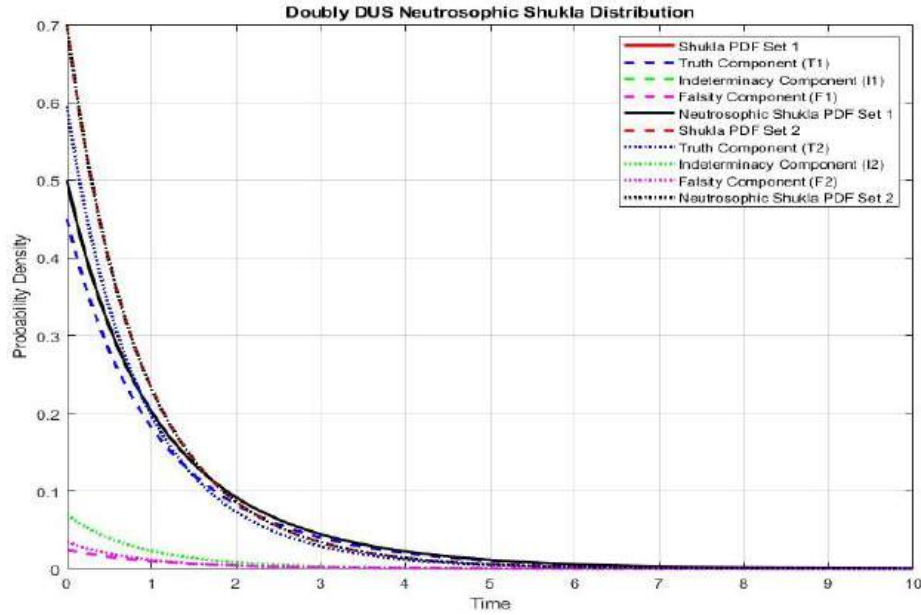
ودالة مخاطرة (Hazard function):

$$h(x) = \frac{1}{e - e^{F(x)}} f(x) e^{F(x)} \quad \dots (2-39)$$

وعليه فإن دالة الكثافة الاحتمالية لتوزيع (DUS-Shukla) النيتروسوفيكي (DUS-Neutrosophic Shukla) يكون كالآتي:

$$\begin{aligned} g(x_N, \theta_N, \alpha_N) &= \frac{1}{e-1} \left[\frac{\theta_N^{\alpha_N+1}}{\theta_N^{\alpha_N+1} + \Gamma(\alpha_N+1)} (\theta_N + x_N^{\alpha_N}) e^{-\theta_N x_N} \right] (1 \\ &+ I_N) \left[e^{\left[1 - \frac{\theta_N^{\alpha_N} (\theta_N + x_N^{\alpha_N}) e^{-\theta_N x_N} + \alpha_N \Gamma(\alpha_N, \theta_N x_N)}{\theta_N^{\alpha_N+1} + \Gamma(\alpha_N+1)} \right] (1+I_N)} \right] \\ &= \frac{\theta_N^{\alpha_N+1}}{(e-1)(\theta_N^{\alpha_N+1} + \Gamma(\alpha_N+1))} [(\theta_N + x_N^{\alpha_N}) e^{-\theta_N x_N}] (1 \\ &+ I_N) e^{\left[1 - \frac{\theta_N^{\alpha_N} (\theta_N + x_N^{\alpha_N}) e^{-\theta_N x_N} + \alpha_N \Gamma(\alpha_N, \theta_N x_N)}{\theta_N^{\alpha_N+1} + \Gamma(\alpha_N+1)} \right] (1+I_N)} \end{aligned}$$

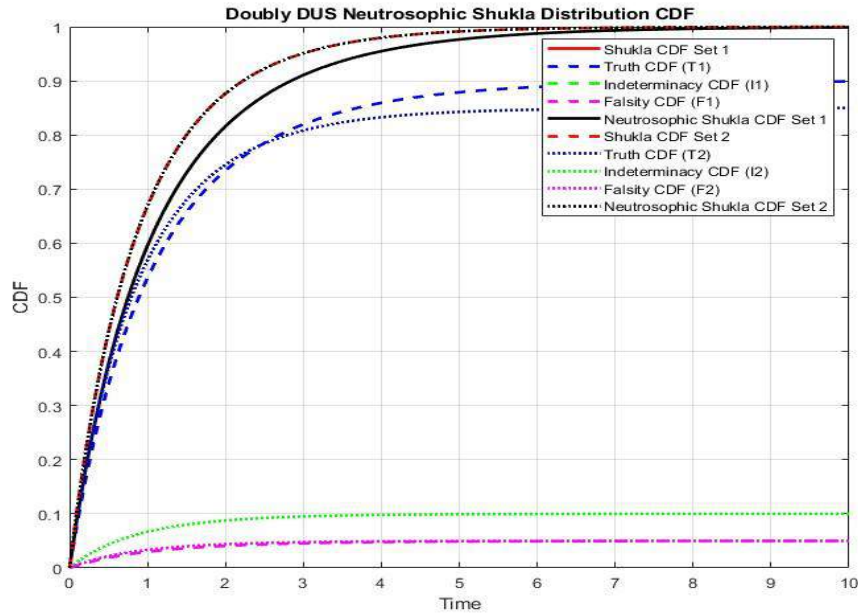
$$\begin{aligned}
 &= \frac{\theta^{\alpha_N+1} e^{-\theta x_N}}{(e-1) (\theta^{\alpha_N+1} + \Gamma(\alpha_N+1))} [(\theta_N + x_N^{\alpha_N})(1 \\
 &+ I_N)] e^{\left[1 - \frac{\theta_N^{\alpha_N} (\theta_N + x_N^{\alpha_N}) e^{-\theta_N x_N} + \alpha_N \Gamma(\alpha_N, \theta_N x_N)}{\theta_N^{\alpha_N+1} + \Gamma(\alpha_N+1)}\right]} (1+I_N) \\
 &= \frac{\theta_N^{\alpha_N+1} (1+I_N) e^{\left[1 - \left(\frac{\theta_N^{\alpha_N} (\theta_N + x_N^{\alpha_N}) e^{-\theta_N x_N} + \alpha_N \Gamma(\alpha_N, \theta_N x_N)}{\theta_N^{\alpha_N+1} + \Gamma(\alpha_N+1)} + \theta_N x_N\right)\right]} (1+I_N)}{(e-1) (\theta_N^{\alpha_N+1} + \Gamma(\alpha_N+1))} (\theta_N + \\
 &x_N^{\alpha_N}) \dots (2-40)
 \end{aligned}$$



شكل (2-15) منحنى دالة الكثافة الاحتمالية للتوزيع المقترح

بدالة كثافة احتمالية تراكمية (Cumulative distribution function):

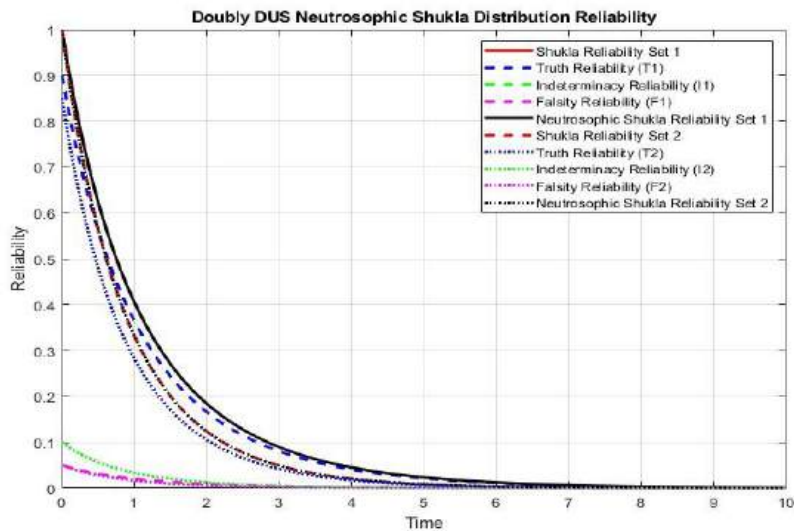
$$G(x_N, \theta_N, \alpha_N) = \frac{1}{e-1} \left[e^{\left[1 - \frac{\theta_N^{\alpha_N} (\theta_N + x_N^{\alpha_N}) e^{-\theta_N x_N} + \alpha_N \Gamma(\alpha_N, \theta_N x_N)}{\theta_N^{\alpha_N+1} + \Gamma(\alpha_N+1)}\right]} (1+I_N) - 1 \right] \dots (2-41)$$



شكل (2-16) منحنى دالة الكثافة الاحتمالية التراكمية للتوزيع المقترح

ودالة المعولية (Reliability function) :

$$R(x_N, \theta_N, \alpha_N) = \frac{1}{e-1} \left[e^{\left[1 - \frac{\theta_N^{\alpha_N} (\theta_N + x_N)^{\alpha_N} e^{-\theta_N x_N} + \alpha_N \Gamma(\alpha_N, \theta_N x_N)}{\theta_N^{\alpha_N + 1} + \Gamma(\alpha_N + 1)} \right] (1 + I_N)} \right] \dots (2-42)$$



شكل (2-17) منحنى دالة المعولية للتوزيع المقترح

اذ أن:

$$I_N \in (I_L, I_U)$$

x_N متغير عشوائي نيتروسوفيكي

θ_N معلمة القياس النيتروسوفيكية

α_N معلمة الشكل النيتروسوفيكية

2.16 معولية نظام Cascade بالاستناد على توزيع (DUS-Shukla) النتروسوفيكي (DUS-Neutrosophic Shukla)

The Reliability of cascade system based on DUS-Neutrosophic Shukla

ليكون الاجهاد والمتانة يتبع توزيع (DUS-Shukla) النتروسوفيكي (DUS-Neutrosophic Shukla) فانه يمكن الحصول على معولية نظام cascade كالاتي:

المتغير العشوائي X_i وان $i = 1, 2, \dots, n$ يمثل المتانة (strength) وانه يتبع توزيع DUS- (Shukla) النتروسوفيكي (DUS-Neutrosophic Shukla) بالمعلمات θ_N و α_N بدالة الكثافة الاحتمالية ودالة الكثافة التجميعية الآتيتين:

$$f(x_{Ni}, \theta_{Ni}, \alpha_{Ni}) = \frac{\theta_{Ni}^{\alpha_{Ni}+1} (1 + I_{Ni}) e^{\left[1 - \left(\frac{\theta_{Ni}^{\alpha_{Ni}} (\theta_{Ni} + x_{Ni}^{\alpha_{Ni}}) e^{-\theta_{Ni} x_{Ni}} + \alpha_{Ni} \Gamma(\alpha_{Ni}, \theta_{Ni} x_{Ni}) + \theta_{Ni} x_{Ni} \right) \right] (1 + I_{Ni})}}{(e - 1) (\theta_{Ni}^{\alpha_{Ni}+1} + \Gamma(\alpha_{Ni} + 1))} (\theta_{Ni} + x_{Ni}^{\alpha_{Ni}}) \dots (2 - 2)$$

$$F(x_{Ni}, \theta_{Ni}, \alpha_{Ni}) = \frac{1}{e - 1} \left[e^{\left[1 - \frac{\theta_{Ni}^{\alpha_{Ni}} (\theta_{Ni} + x_{Ni}^{\alpha_{Ni}}) e^{-\theta_{Ni} x_{Ni}} + \alpha_{Ni} \Gamma(\alpha_{Ni}, \theta_{Ni} x_{Ni})}{\theta_{Ni}^{\alpha_{Ni}+1} + \Gamma(\alpha_{Ni} + 1)} \right] (1 + I_{Ni})} - 1 \right] \dots (2 - 43)$$

ونفرض متغير عشوائي اخر Y_1 يمثل الاجهاد (stress) يتبع توزيع (DUS-Shukla) النتروسوفيكي (DUS-Neutrosophic Shukla) بالمعلمات β_N و λ_N بدالة الكثافة الاحتمالية ودالة الكثافة التجميعية الآتيتين:

$$g(y_{1Ni}) = \frac{\beta_N^{\lambda_{Ni}+1} (1+I_{Ni}) e^{\left[1 - \frac{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni}} (\beta_{Ni} + y_{1Ni})^{\lambda_{Ni}} e^{-\beta_{Ni} y_{1Ni} + \lambda_{Ni} \Gamma(\lambda_{Ni}, \beta_{Ni} y_{1Ni})} + \beta_{Ni} y_{1Ni}}{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni}+1} + \Gamma(\lambda_{Ni}+1)}\right]^{(1+I_{Ni})}}}{(e-1) (\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni}+1} + \Gamma(\lambda_{Ni}+1))} (\beta_{Ni} + x_{Ni}^{\lambda_{Ni}}) \quad (2 - 44):$$

$$G(y_{1Ni}) = \frac{1}{e-1} \left[e^{\left[1 - \frac{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni}} (\beta_{Ni} + y_{1Ni})^{\lambda_{Ni}} e^{-\beta_{Ni} y_{1Ni} + \lambda_{Ni} \Gamma(\lambda_{Ni}, \beta_{Ni} y_{1Ni})} + \beta_{Ni} y_{1Ni}}{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni}+1} + \Gamma(\lambda_{Ni}+1)}\right]^{(1+I_{Ni})}} - 1 \right] \dots (2 - 45)$$

ولايجاد معولية النظام R_n عندما $n = 2, 3, 4$ يتم ذلك ويتم الحصول على $F_1(y_{1Ni})$ كما يأتي :

$$F_1(y_{1Ni}) = \frac{1}{e-1} \left[e^{\left[1 - \frac{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni}} (\beta_{Ni} + y_{1Ni})^{\lambda_{Ni}} e^{-\beta_{Ni} y_{1Ni} + \lambda_{Ni} \Gamma(\lambda_{Ni}, \beta_{Ni} y_{1Ni})} + \beta_{Ni} y_{1Ni}}{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni}+1} + \Gamma(\lambda_{Ni}+1)}\right]^{(1+I_{Ni})}} - 1 \right] \dots (2 - 46)$$

يتم الحصول على معولية نظام cascade من خلال المعولية الحدية Marginal reliability للمكونات كالآتي:

عندما $r = 1$ يتم الحصول على المعولية الحدية الاولى كما يأتي:

$$R(1) = P(x_{1Ni} \geq y_{1Ni}) \quad \dots (2 - 47)$$

$$= \int_0^{\infty} \left[\int_{y_{1Ni}}^{\infty} f_1(x_{1Ni}) dx_{1Ni} \right] g(y_{1Ni}) dy_{1Ni}$$

$$= \int_0^{\infty} \bar{F}_1(y_{1Ni}) g(y_{1Ni}) dy_{1Ni}$$

$$= \int_0^{\infty} [1 - F_1(y_{1Ni})] g(y_{1Ni}) dy_{1Ni}$$

$$\begin{aligned}
 &= \int_0^{\infty} \left[\frac{1}{e-1} \left[e^{\left[1 - \frac{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni}} (\beta_{Ni} + y_{1Ni})^{\lambda_{Ni}} e^{-\beta_{Ni} y_{1Ni}} + \lambda_{Ni} \Gamma(\lambda_{Ni}, \beta_{Ni} y_{1Ni})}{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni}+1} + \Gamma(\lambda_{Ni}+1)} \right]} \right]^{(1+I_{Ni})} \right. \\
 &\quad \left. - 1 \right] \frac{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni}+1} (1 + I_{Ni}) e^{\left[1 - \left(\frac{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni}} (\beta_{Ni} + y_{1Ni})^{\lambda_{Ni}} e^{-\beta_{Ni} y_{1Ni}} + \lambda_{Ni} \Gamma(\lambda_{Ni}, \beta_{Ni} y_{1Ni})}{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni}+1} + \Gamma(\lambda_{Ni}+1)} \right) + \beta_{Ni} y_{1Ni} \right]}^{(1+I_{Ni})}}{(e-1) (\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni}+1} + \Gamma(\lambda_{Ni}+1))} (\beta_{Ni} \\
 &\quad + x_{Ni}^{\lambda_{Ni}}) dy_{1Ni} \\
 &= \frac{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni}+1} (1 + I_{Ni})}{(e-1)^2 (\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni}+1} + \Gamma(\lambda_{Ni}+1))} \int_0^{\infty} \left[e^{\left[1 - \frac{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni}} (\beta_{Ni} + y_{1Ni})^{\lambda_{Ni}} e^{-\beta_{Ni} y_{1Ni}} + \lambda_{Ni} \Gamma(\lambda_{Ni}, \beta_{Ni} y_{1Ni})}{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni}+1} + \Gamma(\lambda_{Ni}+1)} \right]} \right]^{(1+I_{Ni})} \left[1 - \left(\frac{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni}} (\beta_{Ni} + y_{1Ni})^{\lambda_{Ni}} e^{-\beta_{Ni} y_{1Ni}} + \lambda_{Ni} \Gamma(\lambda_{Ni}, \beta_{Ni} y_{1Ni})}{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni}+1} + \Gamma(\lambda_{Ni}+1)} \right) + \beta_{Ni} y_{1Ni} \right]^{(1+I_{Ni})} \\
 &\quad \left. - 1 \right] (\beta_{Ni} + x_{Ni}^{\lambda_{Ni}}) dy_{1Ni} \quad \dots (2-48)
 \end{aligned}$$

وعندما $r = 2$ يتم الحصول على المعادلة الحدية الثانية كما يأتي:

$$\begin{aligned}
 R(2) &= P[x_{1Ni} < y_1, x_{2Ni} \geq y_{1Ni}] \quad \dots (2-49) \\
 &= \int_0^{\infty} \left[\int_0^{y_{1Ni}} f_1(x_{1Ni}) dx_{1Ni} \right] \left[\int_{ky_1}^{\infty} f_2(x_{2Ni}) dx_{2Ni} \right] g(y_{1Ni}) dy_{1Ni} \\
 &= \int_0^{\infty} F_1(y_{1Ni}) \bar{F}_2(ky_{1Ni}) g(y_{1Ni}) dy_{1Ni} \\
 &= \int_0^{\infty} F_1(y_{1Ni}) [1 - F_2(ky_{1Ni})] gy_{1Ni} dy_{1Ni}
 \end{aligned}$$

إذ أن

$$F_2(ky_{1Ni}) = \frac{1}{e-1} \left[e^{\left[1 - \frac{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni}} (\beta_{Ni} + ky_{1Ni})^{\lambda_{Ni}} e^{-\beta_{Ni} ky_{1Ni}} + \lambda_{Ni} \Gamma(\lambda_{Ni}, \beta_{Ni} ky_{1Ni})}{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni}+1} + \Gamma(\lambda_{Ni}+1)} \right]} \right]^{(1+I_{Ni})} - 1 \quad \dots (2-50)$$

R(2)

$$\begin{aligned}
 &= \int_0^\infty \left[\frac{1}{e-1} \left[e^{\left[1 - \frac{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni}} (\beta_{Ni} + y_{1Ni})^{\lambda_{Ni}} e^{-\beta_{Ni} y_{1Ni} + \lambda_{Ni} \Gamma(\lambda_{Ni}, \beta_{Ni} y_{1Ni})}}{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni}+1} + \Gamma(\lambda_{Ni}+1)} \right] (1+I_{Ni})} - 1 \right] \right] \left[1 \right. \\
 &- \frac{1}{e-1} \left[e^{\left[1 - \frac{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni}} (\beta_{Ni} + ky_{1Ni})^{\lambda_{Ni}} e^{-\beta_{Ni} ky_{1Ni} + \lambda_{Ni} \Gamma(\lambda_{Ni}, \beta_{Ni} ky_{1Ni})}}{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni}+1} + \Gamma(\lambda_{Ni}+1)} \right] (1+I_{Ni})} \right. \\
 &- \left. \left. \frac{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni}+1} (1 + I_{Ni}) e^{\left[1 - \left(\frac{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni}} (\beta_{Ni} + y_{1Ni})^{\lambda_{Ni}} e^{-\beta_{Ni} y_{1Ni} + \lambda_{Ni} \Gamma(\lambda_{Ni}, \beta_{Ni} y_{1Ni})}}{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni}+1} + \Gamma(\lambda_{Ni}+1)} \right) + \beta_{Ni} y_{1Ni} \right] (1+I_{Ni})}}{(e-1) (\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni}+1} + \Gamma(\lambda_{Ni}+1))} \right] \right] (\beta_{Ni} \\
 &+ x_{Ni}^{\lambda_{Ni}}) dy_{1Ni} \\
 &= \frac{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni}+1} (1 + I_{Ni})}{-(e-1)^3 (\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni}+1} + \Gamma(\lambda_{Ni}+1))} \int_0^\infty \left[e^{\left[1 - \frac{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni}} (\beta_{Ni} + y_{1Ni})^{\lambda_{Ni}} e^{-\beta_{Ni} y_{1Ni} + \lambda_{Ni} \Gamma(\lambda_{Ni}, \beta_{Ni} y_{1Ni})}}{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni}+1} + \Gamma(\lambda_{Ni}+1)} \right] (1+I_{Ni})} \right. \\
 &- \left. \left[e^{\left[1 - \frac{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni}} (\beta_{Ni} + ky_{1Ni})^{\lambda_{Ni}} e^{-\beta_{Ni} ky_{1Ni} + \lambda_{Ni} \Gamma(\lambda_{Ni}, \beta_{Ni} ky_{1Ni})}}{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni}+1} + \Gamma(\lambda_{Ni}+1)} \right] (1+I_{Ni})} \right] + \left[1 - \frac{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni}} (\beta_{Ni} + y_{1Ni})^{\lambda_{Ni}} e^{-\beta_{Ni} y_{1Ni} + \lambda_{Ni} \Gamma(\lambda_{Ni}, \beta_{Ni} y_{1Ni})}}{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni}+1} + \Gamma(\lambda_{Ni}+1)} + \beta_{Ni} y_{1Ni} \right] \right] \right] (\beta_{Ni} \\
 &+ x_{Ni}^{\lambda_{Ni}}) dy_{1Ni} \dots (2-51)
 \end{aligned}$$

وعندما $r = 3$ يمكن الحصول على المعولية الحدية كما يأتي:

$$R(3) = P[x_{1Ni} < y_1, x_{2Ni} < ky_{1Ni}, x_{3Ni} \geq k^2 y_{1Ni}] \dots (2-52)$$

$$= \int_0^\infty \left[\int_0^{y_{1Ni}} f_1(x_{1Ni}) dx_{1Ni} \right] \left[\int_0^{ky_{1Ni}} f_2(x_{2Ni}) dx_{2Ni} \right] \left[\int_{ky_{1Ni}}^\infty f_3(x_{3Ni}) dx_{3Ni} \right] g(y_{1Ni}) dy_{1Ni}$$

$$R(3) = \int_0^\infty F_1(y_{1Ni}) F_2(ky_{1Ni}) \bar{F}_3(k^2 y_{1Ni}) g(y_{1Ni}) dy_{1Ni}$$

$$\begin{aligned}
 &= \int_0^\infty \frac{1}{e-1} \left[e^{\left[1 - \frac{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni}} (\beta_{Ni} + y_{1Ni})^{\lambda_{Ni}} e^{-\beta_{Ni} y_{1Ni}} + \lambda_{Ni} \Gamma(\lambda_{Ni}, \beta_{Ni} y_{1Ni})}{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni}+1} + \Gamma(\lambda_{Ni}+1)} \right]} \right]^{(1+I_{Ni})} \\
 &- 1 \left[\frac{1}{e-1} \left[e^{\left[1 - \frac{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni}} (\beta_{Ni} + k y_{1Ni})^{\lambda_{Ni}} e^{-\beta_{Ni} k y_{1Ni}} + \lambda_{Ni} \Gamma(\lambda_{Ni}, \beta_{Ni} k y_{1Ni})}{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni}+1} + \Gamma(\lambda_{Ni}+1)} \right]} \right]^{(1+I_{Ni})} - 1 \right] \left[1 \right. \\
 &- \frac{1}{e-1} \left[e^{\left[1 - \frac{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni}} (\beta_{Ni} + k^2 y_{1Ni})^{\lambda_{Ni}} e^{-\beta_{Ni} k^2 y_{1Ni}} + \lambda_{Ni} \Gamma(\lambda_{Ni}, \beta_{Ni} k^2 y_{1Ni})}{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni}+1} + \Gamma(\lambda_{Ni}+1)} \right]} \right]^{(1+I_{Ni})} \\
 &- 1 \left. \right] \frac{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni}+1} (1 + I_{Ni}) e^{\left[1 - \left(\frac{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni}} (\beta_{Ni} + y_{1Ni})^{\lambda_{Ni}} e^{-\beta_{Ni} y_{1Ni}} + \lambda_{Ni} \Gamma(\lambda_{Ni}, \beta_{Ni} y_{1Ni})}{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni}+1} + \Gamma(\lambda_{Ni}+1)} + \beta_{Ni} y_{1Ni} \right) \right]}^{(1+I_{Ni})}}{(e-1) (\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni}+1} + \Gamma(\lambda_{Ni}+1))} (\beta_{Ni} \\
 &+ x_{Ni}^{\lambda_{Ni}}) dy_{1Ni} \\
 &= - \frac{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni}+1} (1 + I_{Ni})}{(\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni}+1} + \Gamma(\lambda_{Ni}+1)) (e-1)^4} \int_0^\infty \left[e^{\left[1 - \frac{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni}} (\beta_{Ni} + y_{1Ni})^{\lambda_{Ni}} e^{-\beta_{Ni} y_{1Ni}} + \lambda_{Ni} \Gamma(\lambda_{Ni}, \beta_{Ni} y_{1Ni})}{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni}+1} + \Gamma(\lambda_{Ni}+1)} \right]} \right]^{(1+I_{Ni})} \\
 &- 1 \left[\left[e^{\left[1 - \frac{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni}} (\beta_{Ni} + k y_{1Ni})^{\lambda_{Ni}} e^{-\beta_{Ni} k y_{1Ni}} + \lambda_{Ni} \Gamma(\lambda_{Ni}, \beta_{Ni} k y_{1Ni})}{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni}+1} + \Gamma(\lambda_{Ni}+1)} \right]} \right]^{(1+I_{Ni})} \right. \\
 &- 1 \left. \left[\left[e^{\left[1 - \frac{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni}} (\beta_{Ni} + k^2 y_{1Ni})^{\lambda_{Ni}} e^{-\beta_{Ni} k^2 y_{1Ni}} + \lambda_{Ni} \Gamma(\lambda_{Ni}, \beta_{Ni} k^2 y_{1Ni})}{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni}+1} + \Gamma(\lambda_{Ni}+1)} \right]} \right]^{(1+I_{Ni})} + \left[1 - \left(\frac{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni}} (\beta_{Ni} + y_{1Ni})^{\lambda_{Ni}} e^{-\beta_{Ni} y_{1Ni}} + \lambda_{Ni} \Gamma(\lambda_{Ni}, \beta_{Ni} y_{1Ni})}{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni}+1} + \Gamma(\lambda_{Ni}+1)} + \beta_{Ni} y_{1Ni} \right) \right] \right] \right] (\beta_{Ni} \\
 &+ x_{Ni}^{\lambda_{Ni}}) dy_{1Ni} \quad \dots (2-53)
 \end{aligned}$$

أذن:

$$F_2(k^2 y_{1Ni}) = \frac{1}{e-1} \left[e^{\left[1 - \frac{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni}} (\beta_{Ni} + k^2 y_{1Ni})^{\lambda_{Ni}} e^{-\beta_{Ni} k^2 y_{1Ni} + \lambda_{Ni} \Gamma(\lambda_{Ni} \beta_{Ni} k^2 y_{1Ni})}}{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni} + \Gamma(\lambda_{Ni} + 1)}} \right] (1 + I_{Ni})} - 1 \right] \dots (2 - 55)$$

وعليه فان معولية النظام R_2 CASCADE كمايأتي :

2-cascade system

$$R_2 = R(1) + R(2)$$

$$\begin{aligned} &= \frac{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni} + 1} (1 + I_{Ni})}{(e-1)^2 (\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni} + 1} + \Gamma(\lambda_{Ni} + 1))} \int_0^\infty \left[e^{\left[1 - \frac{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni}} (\beta_{Ni} + y_{1Ni})^{\lambda_{Ni}} e^{-\beta_{Ni} y_{1Ni} + \lambda_{Ni} \Gamma(\lambda_{Ni} \beta_{Ni} y_{1Ni})}}{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni} + \Gamma(\lambda_{Ni} + 1)}} \right] (1 + I_{Ni})} + \left[1 - \frac{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni}} (\beta_{Ni} + y_{1Ni})^{\lambda_{Ni}} e^{-\beta_{Ni} y_{1Ni} + \lambda_{Ni} \Gamma(\lambda_{Ni} \beta_{Ni} y_{1Ni})}}{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni} + \Gamma(\lambda_{Ni} + 1)}} + \beta_{Ni} y_{1Ni} \right] \right] - \\ & \left[\left[\left[\left[1 - \frac{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni}} (\beta_{Ni} + x_{Ni})^{\lambda_{Ni}} e^{-\beta_{Ni} x_{Ni} + \lambda_{Ni} \Gamma(\lambda_{Ni} \beta_{Ni} x_{Ni})}}{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni} + \Gamma(\lambda_{Ni} + 1)}} \right] (1 + I_{Ni}) - \frac{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni} + 1} (1 + I_{Ni})}{(e-1)^2 (\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni} + 1} + \Gamma(\lambda_{Ni} + 1))} \int_0^\infty \left[\left[1 - \frac{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni}} (\beta_{Ni} + y_{1Ni})^{\lambda_{Ni}} e^{-\beta_{Ni} y_{1Ni} + \lambda_{Ni} \Gamma(\lambda_{Ni} \beta_{Ni} y_{1Ni})}}{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni} + \Gamma(\lambda_{Ni} + 1)}} \right] (1 + I_{Ni}) - \right. \right. \\ & \left. \left. \left[\left[\left[\left[1 - \frac{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni}} (\beta_{Ni} + k y_{1Ni})^{\lambda_{Ni}} e^{-\beta_{Ni} k y_{1Ni} + \lambda_{Ni} \Gamma(\lambda_{Ni} \beta_{Ni} k y_{1Ni})}}{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni} + \Gamma(\lambda_{Ni} + 1)}} \right] (1 + I_{Ni}) + \left[1 - \frac{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni}} (\beta_{Ni} + y_{1Ni})^{\lambda_{Ni}} e^{-\beta_{Ni} y_{1Ni} + \lambda_{Ni} \Gamma(\lambda_{Ni} \beta_{Ni} y_{1Ni})}}{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni} + \Gamma(\lambda_{Ni} + 1)}} + \beta_{Ni} y_{1Ni} \right] \right] \right] \right] \right] (\beta_{Ni} + \\ & x_{Ni}^{\lambda_{Ni}}) dy_{1Ni} \\ &= \frac{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni} + 1} (1 + I_{Ni}) e^{(1 + I_{Ni})}}{(e-1)^2 (\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni} + 1} + \Gamma(\lambda_{Ni} + 1))} \int_0^\infty \left[e^{\left[\left[\left[\left[1 - \frac{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni}} (\beta_{Ni} + y_{1Ni})^{\lambda_{Ni}} e^{-\beta_{Ni} y_{1Ni} + \lambda_{Ni} \Gamma(\lambda_{Ni} \beta_{Ni} y_{1Ni})}}{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni} + \Gamma(\lambda_{Ni} + 1)}} \right] + \left[1 - \frac{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni}} (\beta_{Ni} + y_{1Ni})^{\lambda_{Ni}} e^{-\beta_{Ni} y_{1Ni} + \lambda_{Ni} \Gamma(\lambda_{Ni} \beta_{Ni} y_{1Ni})}}{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni} + \Gamma(\lambda_{Ni} + 1)}} + \beta_{Ni} y_{1Ni} \right] \right] \right] - 1 \right] (\beta_{Ni} + \\ & x_{Ni}^{\lambda_{Ni}}) dy_{1Ni} - \frac{1}{(e-1)} \int_0^\infty \left[\left[\left[\left[1 - \frac{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni}} (\beta_{Ni} + y_{1Ni})^{\lambda_{Ni}} e^{-\beta_{Ni} y_{1Ni} + \lambda_{Ni} \Gamma(\lambda_{Ni} \beta_{Ni} y_{1Ni})}}{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni} + \Gamma(\lambda_{Ni} + 1)}} \right] (1 + I_{Ni}) - \right. \right. \right. \end{aligned}$$

$$\left[\left[\left[\left[1 - \frac{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni}} (\beta_{Ni} + k y_{1Ni})^{\lambda_{Ni}} e^{-\beta_{Ni} k y_{1Ni} + \lambda_{Ni} r} (\lambda_{Ni} \beta_{Ni} k y_{1Ni} r)}{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni} + 1} + r (\lambda_{Ni} + 1)} \right] + \left[1 - \frac{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni}} (\beta_{Ni} + y_{1Ni})^{\lambda_{Ni}} e^{-\beta_{Ni} y_{1Ni} + \lambda_{Ni} r} (\lambda_{Ni} \beta_{Ni} y_{1Ni} r)}{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni} + 1} + r (\lambda_{Ni} + 1)} + \beta_{Ni} y_{1Ni} \right] \right] \right] \right] (\beta_{Ni} +$$

$$\left. \left. \left. \left. x_{Ni}^{\lambda_{Ni}} \right) dy_{1Ni} \right] \right] \right] \dots (2 - 56)$$

يتم الحصول على معولية النظام R_3 كما يأتي :

3-cascade system

$$R_3 = R(1) + R(2) + R(3)$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\beta_N^{\lambda_{Ni}+1}(1+I_{Ni})e^{(1+I_{Ni})}}{(e-1)^2(\beta_N^{\lambda_{Ni}+1} + \Gamma(\lambda_{Ni}+1))} \left[\int_0^\infty \left[e^{\left[\left[1 - \frac{\beta_N^{\lambda_{Ni}}(\beta_{Ni} + y_{1Ni})^{\lambda_{Ni}} e^{-\beta_N y_{1Ni} + \lambda_N \Gamma(\lambda_{Ni} \beta_{Ni} y_{1Ni})}}{\beta_N^{\lambda_{Ni}+1} + \Gamma(\lambda_{Ni}+1)} \right] + \left[1 - \left(\frac{\beta_N^{\lambda_{Ni}}(\beta_{Ni} + y_{1Ni})^{\lambda_{Ni}} e^{-\beta_N y_{1Ni} + \lambda_N \Gamma(\lambda_{Ni} \beta_{Ni} y_{1Ni})}}{\beta_N^{\lambda_{Ni}+1} + \Gamma(\lambda_{Ni}+1)} \right)_{+\beta_N y_{1Ni}} \right]} \right]} \right] \\
 &- 1 \left[\left(\beta_{Ni} + x_{Ni}^{\lambda_{Ni}} \right) dy_{1Ni} \right. \\
 &- \frac{1}{(e-1)} \int_0^\infty \left[e^{\left[1 - \frac{\beta_N^{\lambda_{Ni}}(\beta_{Ni} + y_{1Ni})^{\lambda_{Ni}} e^{-\beta_N y_{1Ni} + \lambda_N \Gamma(\lambda_{Ni} \beta_{Ni} y_{1Ni})}}{\beta_N^{\lambda_{Ni}+1} + \Gamma(\lambda_{Ni}+1)} \right]} \right] (1+I_{Ni}) \\
 &- 1 \left[\left[\left[e^{\left[1 - \frac{\beta_N^{\lambda_{Ni}}(\beta_{Ni} + ky_{1Ni})^{\lambda_{Ni}} e^{-\beta_N ky_{1Ni} + \lambda_N \Gamma(\lambda_{Ni} \beta_{Ni} ky_{1Ni})}}{\beta_N^{\lambda_{Ni}+1} + \Gamma(\lambda_{Ni}+1)} \right]} \right] + \left[1 - \left(\frac{\beta_N^{\lambda_{Ni}}(\beta_{Ni} + y_{1Ni})^{\lambda_{Ni}} e^{-\beta_N y_{1Ni} + \lambda_N \Gamma(\lambda_{Ni} \beta_{Ni} y_{1Ni})}}{\beta_N^{\lambda_{Ni}+1} + \Gamma(\lambda_{Ni}+1)} \right)_{+\beta_N y_{1Ni}} \right]} \right] \right] (\beta_{Ni} \\
 &+ x_{Ni}^{\lambda_{Ni}}) dy_{1Ni} \left. \right] - \\
 &= \frac{\beta_N^{\lambda_{Ni}+1}(1+I_{Ni})}{(\beta_N^{\lambda_{Ni}+1} + \Gamma(\lambda_{Ni}+1))(e-1)^4} \int_0^\infty \left[e^{\left[1 - \frac{\beta_N^{\lambda_{Ni}}(\beta_{Ni} + y_{1Ni})^{\lambda_{Ni}} e^{-\beta_N y_{1Ni} + \lambda_N \Gamma(\lambda_{Ni} \beta_{Ni} y_{1Ni})}}{\beta_N^{\lambda_{Ni}+1} + \Gamma(\lambda_{Ni}+1)} \right]} \right] (1+I_{Ni}) \\
 &- 1 \left[e^{\left[1 - \frac{\beta_N^{\lambda_{Ni}}(\beta_{Ni} + ky_{1Ni})^{\lambda_{Ni}} e^{-\beta_N ky_{1Ni} + \lambda_N \Gamma(\lambda_{Ni} \beta_{Ni} ky_{1Ni})}}{\beta_N^{\lambda_{Ni}+1} + \Gamma(\lambda_{Ni}+1)} \right]} \right] (1+I_{Ni}) \\
 &- 1 \left[\left[e^{\left[1 - \frac{\beta_N^{\lambda_{Ni}}(\beta_{Ni} + k^2 y_{1Ni})^{\lambda_{Ni}} e^{-\beta_N k^2 y_{1Ni} + \lambda_N \Gamma(\lambda_{Ni} \beta_{Ni} k^2 y_{1Ni})}}{\beta_N^{\lambda_{Ni}+1} + \Gamma(\lambda_{Ni}+1)} \right]} \right] + \left[1 - \left(\frac{\beta_N^{\lambda_{Ni}}(\beta_{Ni} + y_{1Ni})^{\lambda_{Ni}} e^{-\beta_N y_{1Ni} + \lambda_N \Gamma(\lambda_{Ni} \beta_{Ni} y_{1Ni})}}{\beta_N^{\lambda_{Ni}+1} + \Gamma(\lambda_{Ni}+1)} \right)_{+\beta_N y_{1Ni}} \right]} \right] \right] (\beta_{Ni} \\
 &+ x_{Ni}^{\lambda_{Ni}}) dy_{1Ni}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\beta_N^{\lambda_{Ni}+1} (1+I_{Ni}) e^{(1+I_{Ni})}}{(e-1)^2 (\beta_N^{\lambda_{Ni}+1} + \Gamma(\lambda_{Ni}+1))} \left[\int_0^\infty e^{\left[\left[1 - \frac{\beta_N^{\lambda_{Ni}} (\beta_{Ni} + y_{1Ni})^{\lambda_{Ni}} e^{-\beta_{Ni} y_{1Ni}}}{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni}+1} + \Gamma(\lambda_{Ni}+1)} \right] + \left[1 - \frac{\beta_N^{\lambda_{Ni}} (\beta_{Ni} + y_{1Ni})^{\lambda_{Ni}} e^{-\beta_{Ni} y_{1Ni}}}{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni}+1} + \Gamma(\lambda_{Ni}+1)} \right] + \beta_{Ni} y_{1Ni}} \right]} dy_{1Ni} \right] - \\
 &1 \left[\left(\beta_{Ni} + x_{Ni}^{\lambda_{Ni}} \right) dy_{1Ni} - \frac{1}{(e-1)} \int_0^\infty e^{\left[1 - \frac{\beta_N^{\lambda_{Ni}} (\beta_{Ni} + y_{1Ni})^{\lambda_{Ni}} e^{-\beta_{Ni} y_{1Ni}}}{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni}+1} + \Gamma(\lambda_{Ni}+1)} \right]} (1+I_{Ni}) dy_{1Ni} \right] - \\
 &1 \left[\left[e^{\left[\left[1 - \frac{\beta_N^{\lambda_{Ni}} (\beta_{Ni} + ky_{1Ni})^{\lambda_{Ni}} e^{-\beta_{Ni} ky_{1Ni}}}{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni}+1} + \Gamma(\lambda_{Ni}+1)} \right] + \left[1 - \frac{\beta_N^{\lambda_{Ni}} (\beta_{Ni} + y_{1Ni})^{\lambda_{Ni}} e^{-\beta_{Ni} y_{1Ni}}}{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni}+1} + \Gamma(\lambda_{Ni}+1)} \right] + \beta_{Ni} y_{1Ni}} \right]} \right] \left(\beta_{Ni} + x_{Ni}^{\lambda_{Ni}} \right) dy_{1Ni} \right] - \\
 &\frac{1}{(e-1)^2} \int_0^\infty e^{\left[1 - \frac{\beta_N^{\lambda_{Ni}} (\beta_{Ni} + y_{1Ni})^{\lambda_{Ni}} e^{-\beta_{Ni} y_{1Ni}}}{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni}+1} + \Gamma(\lambda_{Ni}+1)} \right]} (1+I_{Ni}) dy_{1Ni} - 1 \left[\left[e^{\left[1 - \frac{\beta_N^{\lambda_{Ni}} (\beta_{Ni} + ky_{1Ni})^{\lambda_{Ni}} e^{-\beta_{Ni} ky_{1Ni}}}{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni}+1} + \Gamma(\lambda_{Ni}+1)} \right]} (1+I_{Ni}) dy_{1Ni} \right] - \right. \\
 &1 \left[\left[e^{\left[\left[1 - \frac{\beta_N^{\lambda_{Ni}} (\beta_{Ni} + k^2 y_{1Ni})^{\lambda_{Ni}} e^{-\beta_{Ni} k^2 y_{1Ni}}}{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni}+1} + \Gamma(\lambda_{Ni}+1)} \right] + \left[1 - \frac{\beta_N^{\lambda_{Ni}} (\beta_{Ni} + y_{1Ni})^{\lambda_{Ni}} e^{-\beta_{Ni} y_{1Ni}}}{\beta_{Ni}^{\lambda_{Ni}+1} + \Gamma(\lambda_{Ni}+1)} \right] + \beta_{Ni} y_{1Ni}} \right]} \right] \left(\beta_{Ni} + \right. \\
 &x_{Ni}^{\lambda_{Ni}} \left. \right) dy_{1Ni} \left. \dots (2-58) \right]
 \end{aligned}$$

2.17 طرائق تقدير معلمات توزيع (DUS-Shukla) النتروسوفيكى (DUS-Neutrosophic) (Shukla)

The Reliability of cascade system based on DUS-Neutrosophic Shukla

2.17.1 الخوارزمية الجينية (Genetic Algorithm)

الخوارزميات الجينية (Genetic Algorithms -GA) هي نوع من الخوارزميات الميتاهيورستية (الاستدلالية) (Metaheuristic Algorithms) التي تستعمل لتوليد حلول تقريبية للمشكلات الرياضية المعقدة، بما في ذلك تقدير المعلمات في نماذج إحصائية أو تحسين الدوال. تستلهم هذه الخوارزميات من عملية التطور الطبيعي والانتقاء الطبيعي، حيث يتم تحسين مجموعة من الحلول (تسمى الأفراد أو الكروموسومات) عبر أجيال متعددة للوصول إلى الحل الأمثل أو الأفضل. [G.S. Hornby et al., 206]. تحاكي هذه الخوارزمية نظرية التطور البيولوجي للعالم دارون، والتي تتضمن أن الجينات الوراثية يتغير ترتيبها مع الزمن من الآباء إلى الأحفاد وأن الفصيلة الأقوى هي التي ستكون قادة على البقاء. م تطويرها لأول مرة بواسطة جون هولاند (John Holland) في الستينيات والسبعينيات من القرن العشرين. كان هولاند أستاذاً في جامعة ميشيغان، وعمل على تطوير الخوارزميات الجينية كجزء من بحثه حول الذكاء الصناعي والأنظمة المعقدة.

[Tanweer et al., 2020, 12] [Lambora et al., 2019, 380]

لتقدير معلمات توزيع DUS-Neutrosophic Shukla باستخدام الخوارزميات الجينية (Genetic Algorithms - GA) عن طريق تمثيل المعلمات ككروموسومات ويكون بتعظيم دالة الامكان (Likelihood Function) وإيجاد القيم المثلى للمعلمات التي تعظم هذه الدالة، اي ان دالة الهدف تكون بالصورة الآتية: [Aljuaid, 2012]

$$Q = \sum_{i=1}^n \text{Maximize } l$$

St.

$$\theta_N > 0$$

$$\alpha_N > 0$$

وفق الخطوات الآتية:

1- تهيئة المجموعة الأولية: **(Population Initialization)**:

اي إنشاء مجموعة أولية من الأفراد (الحلول المحتملة) , كل فرد (كروموسوم) يمثل مجموعة من المعلمات α_N ويتم تعيين قيم اولية عشوائية للمعلمات θ_N, α_N ضمن نطاق معين. ويحدد حجم المجموعة (عدد الأفراد) بناءً على متطلبات المسألة. وحسب الآتي:

$$Population = \{ \theta_{Ni}, \alpha_{Ni} | \theta_{Ni} \sim U(\theta_{Nmin}, \theta_{Nmax}), \alpha_{Ni} \sim U(\alpha_{Nmin}, \alpha_{Nmax}) \} \dots (2 - 59)$$

اذ ان U متغير عشوائي له توزيع منتظم .

2- تقييم الأفراد: **(Fitness Evaluation)** :

بحساب دالة الملائمة **(Fitness Function)** لكل فرد في المجموعة، يتم حساب دالة الملائمة التي قد تكون دالة الإمكان بهدف تعظيمها ، أي إيجاد القيم المثلى للمعلمات θ_N, α_N التي تزيد من دالة الملائمة وحسب الدالة الرياضية الآتية:

فاذا كانت لدينا عينة عشوائية نيتروسوفيكية من توزيع (DUS-Shukla) النتروسوفيكى (DUS-) $x_N = (x_{N1}, x_{N2}, \dots, x_{Nn})$ بلوغاريتم دالة الامكان :

$$\begin{aligned} l = & n(\alpha_N + 1) \ln(\theta_N) + 2n \ln(1 + I_N) \\ & + \sum_{i=1}^n \ln \left(\left[1 - \left(\frac{\theta_N^{\alpha_N} (\theta_N + x_N^{\alpha_N}) e^{-\theta_N x_N} + \alpha_N \Gamma(\alpha_N, \theta_N x_N)}{\theta_N^{\alpha_N+1} + \Gamma(\alpha_N + 1)} + \theta_N x_N \right) \right] \right) \\ & + \sum_{i=1}^n \ln((\theta_N + x_N^{\alpha_N})) - n \ln(e - 1) \\ & - \ln \left(\left(\theta_N^{\alpha_N+1} + \Gamma(\alpha_N + 1) \right) \right) \dots (2 - 60) \end{aligned}$$

فان دالة الهدف تكتب بالصورة الآتية:

$Fitness(\theta_N, \alpha_N)$

$$\begin{aligned}
 &= \sum_{i=1}^n \text{Maximize} \left(n(\alpha_N + 1) \ln(\theta_N) + 2n \ln(1 + I_N) \right. \\
 &+ \sum_{i=1}^n \ln \left(\left[1 - \left(\frac{\theta_N^{\alpha_N} (\theta_N + x_N^{\alpha_N}) e^{-\theta_N x_N} + \alpha_N \Gamma(\alpha_N, \theta_N x_N)}{\theta_N^{\alpha_N+1} + \Gamma(\alpha_N + 1)} + \theta_N x_N \right) \right] \right) \\
 &+ \sum_{i=1}^n \ln((\theta_N + x_N^{\alpha_N})) - n \ln(e - 1) \\
 &\left. - \ln((\theta_N^{\alpha_N+1} + \Gamma(\alpha_N + 1))) \right) \dots (2 - 61)
 \end{aligned}$$

3- الانتقاء: (Selection)

اختيار الأفراد الأكثر تناسبًا لإنتاج الجيل التالي ويتم اختيار الأفراد بناءً على دالة الملائمة باستخدام طرائق مثل الانتقاء بالدوران: (Roulette Wheel Selection) حيث يتم اختيار الأفراد بناءً على احتمالات تتناسب مع لياقتهم. أو طريقة انتقاء البطولات: (Tournament Selection) يتم اختيار مجموعة صغيرة من الأفراد، والفرد صاحب أعلى لياقة يتم اختياره. وحسب دالة الانتقاء الآتية:

$$P_i = \frac{Fitness(\theta_N, \alpha_N)}{\sum_{i=1}^{Population\ size} Fitness(\theta_N, \alpha_N)} \dots (2 - 62)$$

4- التزاوج (التهجين) (الاستنساخ): (Crossover)

دمج أجزاء من كروموسومين (والدين) لإنتاج كروموسومات جديدة (الأبناء) ويتم تطبيق عملية التزاوج على الأفراد المختارين لإنتاج جيل جديد. ويمكن استخدام طرائق مثل التزاوج بنقطة واحدة (Single-Point Crossover) إذ يتم اختيار نقطة واحدة على طول الكروموسوم، ويتم تبادل الجينات بعد هذه النقطة بين الوالدين. أو طريقة التزاوج متعدد النقاط (Multi-Point Crossover) بحيث يتم اختيار عدة نقاط ويتم تبادل الجينات في كل نقطة. فلنقطة تواجز واحدة، ليكن لدينا الأبوين:

$$P_1 = (\theta_{N1}, \alpha_{N1}), P_2 = (\theta_{N2}, \alpha_{N2})$$

الذين يتم دمهم لإنشاء ذرية جديدة لغرض التقاطع المختلط وليكن :

$$C_1 = \lambda\theta_{N1} + (1 - \lambda)\theta_{N2}, P_2 == \lambda\alpha_{N1} + (1 - \lambda)\alpha_{N2} \dots (2 - 63)$$

وان λ عامل الخلط يتم ضبطه على 0.5

5- الطفرات: (Mutation)

إدخال تغييرات عشوائية على بعض الأفراد للحفاظ على التنوع بتعديل جينات معينة في بعض الكروموسومات بشكل عشوائي. وعادة ما يكون معدل الطفرة صغيراً، مثل تغيير قيمة θ_N و α_N بقيمة صغيرة جداً. اي ان :

$$\theta_{N(new)} = \theta_{N(old)} + \varepsilon_{\theta} \dots (2 - 64)$$

$$\alpha_{N(new)} = \alpha_{N(old)} + \varepsilon_{\alpha} \dots (2 - 65)$$

اذ ان ε_{α} و ε_{θ} عبارة عن قيم عشوائية صغيرة تنشأ من توزيع، مثل التوزيع الطبيعي (0 σ)

6- تكوين الجيل الجديد: (Generation of New Population)

بعد تطبيق عمليات الانتقاء والتزاوج والطفرات، يتم تكوين جيل جديد من الأفراد. ويتم استبدال الجيل القديم بالجيل الجديد أو الدمج بينهما اعتماداً على استراتيجية معينة. اذ ان:

$$New Population = \{C_1, C_2, \dots, C_{Population\ size}\} \dots (2 - 66)$$

7- التكرار: (Iteration)

تكرار الخطوات 2-6 لعدة أجيال حتى تصل الخوارزمية إلى حالة التوقف بشروط الوصول إلى عدد معين من الأجيال.

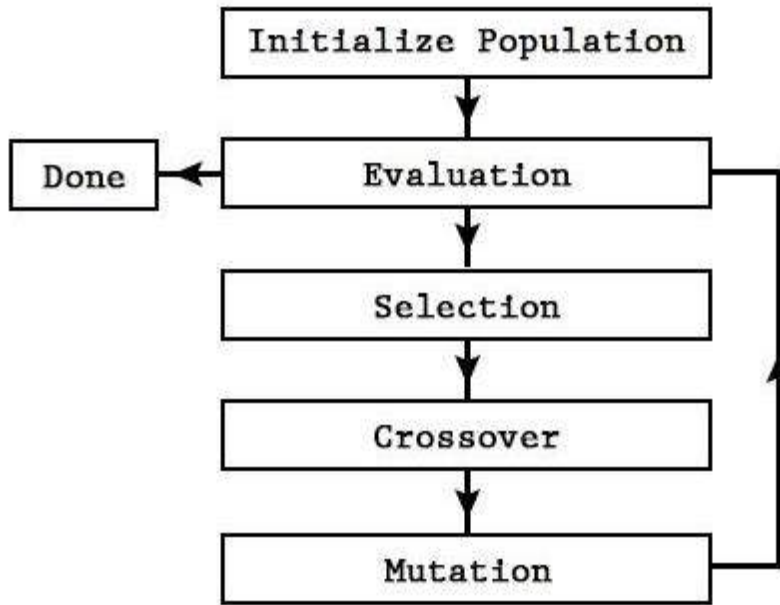
عدم حدوث تحسين كبير في دالة اللياقة عبر عدة أجيال متتالية. أو الوصول إلى قيمة معينة لدالة الملائمة.

8- شروط التوقف: (Termination)

إنهاء الخوارزمية عند استيفاء شروط معينة وهو عند الوصول إلى أفضل حل ممكن، أو بعد مرور عدد معين من الأجيال، تتوقف الخوارزمية. يتم استخراج الكروموسوم صاحب أعلى ملائمة والذي يمثل التقديرات المثلى للمعلمات α_N و θ_N .

وان الحل النهائي يتم اختياره كتقدير أخير للمعلمات :

$$(\theta_N^*, \alpha_N^*) = \arg \max Fitness(\theta_N, \alpha_N) \dots (2 - 67)$$



شكل (2-18) خطوات الخوارزمية الجينية

2.17.2 خوارزمية الحوت الأحدب (Humpback Whale Algorithm)

سُميت بهذا الاسم لأنها مستوحاة من سلوك الحوت الأحدب في الطبيعة، وخاصة الطريقة التي يصطاد بها الحيتان الحدباء فرائسها. الحيتان الحدباء معروفة بسلوك صيد فريد يسمى "فقاعات الشبكة (Bubble Net Feeding)" والذي يتضمن تشكيل الحيتان لفقاعات دائرية حول الفريسة من أجل محاصرتها. يستخدم تقنية الصيد هذه بشكل جماعي أو فردي، حيث يسبح حول الفريسة في دائرة أو دوامة، بينما يطلق فقاعات هواء من فتحة أنفه. هذه الفقاعات تشكل نوعاً من الشبكة حول الفريسة، مما يحد من حركتها ويجعل من السهل على الحوت اصطيادها. عندما يسبح الحوت حول الفريسة، يقوم بتضييق الدائرة تدريجياً، مما يجبر الفريسة

الفصل الثاني — الجانب النظري

على التجمع في منطقة صغيرة، ومن ثم ينقض عليها ويبتلعها. ففي هذه الخوارزمية، يتم محاكاة هذا السلوك عن طريق نمذجة الحول الممكنة (الحيتان) وهي تطارد الهدف (الحل الأمثل) في فضاء الحول. يمكن استعمال هذه الخوارزمية في حالات التوزيعات المعقدة التي تكون فيها طرق التحسين التقليدية غير قادرة على إيجاد الحول المثلى. [Bui Q-T, 2019]

لتقدير معالم توزيع **DUS-Neutrosophic Shukla** باستخدام خوارزمية الحول الأحدث (Humpback Whale Algorithm - HWA) عن طريق تمثيل كل حوت (حل) كقيمة من المعلمة المراد تقديرها ويكون بتعظيم دالة الامكان (Likelihood Function) وإيجاد القيم المثلى للمعلمات التي تعظم هذه الدالة، أي ان دالة الهدف تكون بالصورة الآتية: [Bhesdadiya et al., 2016]

$$Q = \sum_{i=1}^n \text{Maximize } l$$

St.

$$\theta_N > 0$$

$$\alpha_N > 0$$

وفق الخطوات الآتية: [Alameer et al., 2019] [Cherukuri SK & Rayapudi SR, 2016]

1- تهيئة المجموعة الأولية: (Population Initialization)

أي إنشاء مجموعة أولية من الحيتان، بشكل عشوائي كل فرد منها يمثل مجموعة من المعالم θ_N, α_N ويتم تعيين قيم أولية عشوائية للمعلمات θ_N, α_N ضمن نطاق معين. ويحدد حجم المجموعة (عدد الأفراد) بناءً على متطلبات المسألة. وحسب الآتي:

$$Whale = (\theta_{Ni}, \alpha_{Ni}) ; i = 1, 2, \dots, \text{Population size} \quad (2 - 68)$$

ويتم تعيين القيم الافتراضية للمعلمات بشكل عشوائي كان يكون :

$$\theta_{Ni} \sim U(\theta_{Nmin}, \theta_{Nmax}), \alpha_{Ni} \sim U(\alpha_{Nmin}, \alpha_{Nmax})$$

اذ ان U متغير عشوائي له توزيع منتظم .

2- تقييم الحيتان: (Whale Evaluation) :

بحساب دالة الملائمة (Fitness Function) لكل حوث في المجموعة، يتم حساب دالة الملائمة التي قد تكون دالة الإمكان بهدف تعظيمها ، أي إيجاد القيم المثلى للمعلمات θ_N, α_N التي تزيد من دالة الملائمة وحسب الدالة الرياضية الآتية:

أي حساب دالة الإمكان أو اللوغاريتم لها للمعلمات التي يمثلها الحوت فاذا كانت لدينا عينة عشوائية نيتروسوفيكية من توزيع (DUS-Shukla) النتروسوفيكى (DUS-Neutrosophic Shukla) بلوغاريتم دالة الامكان :

$$l = n(\alpha_N + 1) \ln(\theta_N) + 2n \ln(1 + I_N) + \sum_{i=1}^n \ln \left(\left[1 - \left(\frac{\theta_N^{\alpha_N} (\theta_N + x_N^{\alpha_N}) e^{-\theta_N x_N} + \alpha_N \Gamma(\alpha_N, \theta_N x_N)}{\theta_N^{\alpha_N + 1} + \Gamma(\alpha_N + 1)} + \theta_N x_N \right) \right] \right) + \sum_{i=1}^n \ln((\theta_N + x_N^{\alpha_N})) - n \ln(e - 1) - \ln \left((\theta_N^{\alpha_N + 1} + \Gamma(\alpha_N + 1)) \right) \dots (2 - 69)$$

فان دالة الهدف تكتب بالصورة الآتية:

Fitness(θ_N, α_N)

$$= \sum_{i=1}^n \text{Maximize} \left(n(\alpha_N + 1) \ln(\theta_N) + 2n \ln(1 + I_N) + \sum_{i=1}^n \ln \left(\left[1 - \left(\frac{\theta_N^{\alpha_N} (\theta_N + x_N^{\alpha_N}) e^{-\theta_N x_N} + \alpha_N \Gamma(\alpha_N, \theta_N x_N)}{\theta_N^{\alpha_N + 1} + \Gamma(\alpha_N + 1)} + \theta_N x_N \right) \right] \right) + \sum_{i=1}^n \ln((\theta_N + x_N^{\alpha_N})) - n \ln(e - 1) - \ln \left((\theta_N^{\alpha_N + 1} + \Gamma(\alpha_N + 1)) \right) \right) \dots (2 - 70)$$

3- تحديث موقع الحيتان (Update Whale Positions) كاللاتي:

أ- الالتفاف حول الفريسة: (Encircling Prey)

يتم اختيار أفضل حل حالي (أفضل ملائمة) ليكون مرجعاً (الفريسة). الحيتان الأخرى تقوم بتحديث موقعها بناءً على هذا الحل:

الفصل الثاني _____ الجانب النظري

$$X_{new} = X^* - A \cdot |C \cdot X^n - X_{current}| \quad \dots (2 - 71)$$

اذ ان:

X^* هو أفضل موقع حالي.

$X_{current}$ هو موقع الحوت الحالي.

A و C هما معاملان يتحكمان في الحركة والاتجاه.

ب- الحركة اللولبية نحو الفريسة: (Spiral Updating)
تُحدث الحيتان مواقعها باستخدام حركة لولبية نحو الفريسة:

$$X_{new} = X^* - D \cdot e^{bl} \cos(2\pi l) \quad \dots (2 - 72)$$

اذ ان:

$$D = |X^* - X_{current}| \quad \dots (2 - 73)$$

b ثابت يحدد الشكل الحلزوني

l ثابت عشوائي يحدد ضمن المدى $[-1, 1]$

ت- البحث عن فريسة جديدة:

عندما تكون قيمة l أكبر من 1 أو أقل من -1، تبحث الحيتان عن فريسة جديدة:

$$X_{new} = X_{rand} - A \cdot |C \cdot X_{rand} - X_{current}| \quad \dots (2 - 74)$$

اذ ان X_{rand} هو موضع الحوت العشوائي.

4- تكرار الخطوات (Iteration)

تكرار الخطوات السابقة لعدد معين من الأجيال اذ يتم تكرار الخطوات 2 و 3 لعدد معين من التكرارات (أجيال) حتى تصل الخوارزمية إلى حالة التوقف.

5- شروط التوقف (Termination Criteria)

إنهاء الخوارزمية عند تحقيق احد الشروط الاتية وهي الوصول إلى عدد معين من الأجيال. تحقيق تحسن ضئيل جدًا في دالة الملائمة. الوصول إلى دالة ملائمة معينة تُعتبر مرضية.

وان الحل النهائي يتم اختياره كتقدير أخير للمعلمات :

$$(\theta^*_N, \alpha^*_N) = \arg \max \text{Fitness}(\theta_N, \alpha_N) \dots (2 - 75)$$

2.17.3 خوارزمية الذئب الرمادي (Grey Wolf Optimizer - GWO)

خوارزمية الذئب الرمادي (Grey Wolf Optimizer - GWO) هي خوارزمية تحسين مستوحاة من السلوك الاجتماعي وعملية الصيد لدى الذئاب الرمادية في الطبيعة. تم تطوير هذه الخوارزمية بواسطة (Seyedali Mirjalili, Seyed Mohammad Mirjalili, and Andrew Lewis) 2014 (in 2014) تُستخدم هذه الخوارزمية بشكل خاص في حل المسائل المعقدة في مجالات مثل الهندسة، التعلم الآلي، والبيولوجيا الحاسوبية والتوزيعات الاحتمالية المعقدة. [Jie-Sheng & Shu-Xia, 2019, 2]

تستند خوارزمية (GWO) على المفاهيم الآتية: [Rezaei et al., 2024]

1. الهرمية الاجتماعية (Social Hierarchy):

○ تحاكي الخوارزمية التسلسل الهرمي الاجتماعي للذئاب الرمادية، حيث يتم تقسيم السكان إلى أربع فئات:

- الذئاب القائدة: (α) هذه الذئاب تمثل أفضل الحلول التي تم العثور عليها حتى الآن.
- الذئاب المساعدة: (β) هذه الذئاب تحتل المرتبة الثانية وتساعد الذئاب القائدة في اتخاذ القرارات.
- الذئاب المراقبة: (δ) تأتي في المرتبة الثالثة وتتابع الذئاب القائدة والمساعدة.
- الذئاب العادية: (ω) هذه الذئاب هي الأدنى مرتبة وتتابع الفئات الأخرى.

2. سلوك الصيد (Hunting Behavior):

- تنقسم عملية الصيد في GWO إلى ثلاث مراحل رئيسية:
- تطويق الفريسة (Encircling Prey): تحيط الذئاب بالفريسة (الحل الأمثل) بناءً على مواقعها بالنسبة للفريسة.
- الصيد (Hunting): تقوم الذئاب القائدة والمساعدة والمراقبة بتحديث مواقعها وفقًا لأفضل الحلول الموجودة.

- الهجوم على الفريسة (**Attacking the Prey**): عندما تقترب الذئب من الفريسة، تبدأ في التوجه نحو الحل الأمثل.

وفق الخطوات الآتية: [Mohammed H et al., 2023]

1- تهيئة المجموعة الأولية: (Population Initialization):

اي إنشاء مجموعة أولية من الذئاب , بشكل عشوائي كل فرد منها يمثل مجموعة من المعلمات θ_N, α_N ويتم تعيين قيم اولية عشوائية للمعلمات θ_N, α_N ضمن نطاق معين. ويحدد حجم المجموعة (عدد الأفراد) بناءً على متطلبات المسألة. وحسب الآتي:

$$Whale = (\theta_{Ni}, \alpha_{Ni}) ; i = 1, 2, \dots, Population\ size \quad (2 - 76)$$

ويتم تعيين القيم الافتراضية للمعلمات بشكل عشوائي كان يكون :

$$\theta_{Ni} \sim U(\theta_{Nmin}, \theta_{Nmax}), \alpha_{Ni} \sim U(\alpha_{Nmin}, \alpha_{Nmax})$$

اذ ان U متغير عشوائي له توزيع منتظم .

2- تقييم الذئاب: (Wolf Evaluation):

بحساب دالة الملائمة (**Fitness Function**) لكل ذئب في المجموعة، يتم حساب دالة الملائمة التي قد تكون دالة الإمكان بهدف تعظيمها ، أي إيجاد القيم المثلى للمعلمات θ_N, α_N التي تزيد من دالة الملائمة وحسب الدالة الرياضية الآتية:

أي حساب دالة الإمكان أو اللوغاريتم لها للمعلمات التي يمثلها الذئب فاذا كانت لدينا عينة عشوائية نيتروسوفيكية من توزيع (**DUS-Shukla**) النتروسوفيكية (**DUS-Neutrosophic Shukla**) بلوغاريتم دالة الامكان :

$$l = n(\alpha_N + 1) \ln(\theta_N) + 2n \ln(1 + I_N) + \sum_{i=1}^n \ln \left(\left[1 - \left(\frac{\theta_N^{\alpha_N} (\theta_N + x_N^{\alpha_N}) e^{-\theta_N x_N} + \alpha_N \Gamma(\alpha_N, \theta_N x_N)}{\theta_N^{\alpha_N + 1} + \Gamma(\alpha_N + 1)} \right) + \theta_N x_N \right] \right) + \sum_{i=1}^n \ln((\theta_N + x_N^{\alpha_N})) - n \ln(e - 1) - \ln \left((\theta_N^{\alpha_N + 1} + \Gamma(\alpha_N + 1)) \right) \quad \dots (2 - 77)$$

فان دالة الهدف تكتب بالصورة الآتية:

Fitness(θ_N, α_N)

$$\begin{aligned}
 &= \sum_{i=1}^n \text{Maximize} \left(n(\alpha_N + 1) \ln(\theta_N) + 2n \ln(1 + I_N) \right. \\
 &+ \sum_{i=1}^n \ln \left(\left[1 - \left(\frac{\theta_N^{\alpha_N} (\theta_N + x_N^{\alpha_N}) e^{-\theta_N x_N} + \alpha_N \Gamma(\alpha_N, \theta_N x_N)}{\theta_N^{\alpha_N+1} + \Gamma(\alpha_N + 1)} + \theta_N x_N \right) \right] \right) \\
 &+ \sum_{i=1}^n \ln((\theta_N + x_N^{\alpha_N})) - n \ln(e - 1) \\
 &\left. - \ln \left((\theta_N^{\alpha_N+1} + \Gamma(\alpha_N + 1)) \right) \right) \dots (2 - 78)
 \end{aligned}$$

3- التطويق بالفريسة: يتم نمذجة سلوك التطويق على النحو التالي:

$$D = |C \cdot X_{prey} - X(t)| \dots (2 - 79)$$

اذ ان $X(t)$ هو متجه موضع الذئب الرمادي عند التكرار t

X_{prey} هو متجه موضع الفريسة (أفضل حل تم العثور عليه حتى الآن)

A و C عبارة عن متجهات معاملات تتغير عبر التكرارات.

4- تحديث المواضع (Updating Positions):

يتم تحديث مواضع الذئاب بناءً على مواضع ذئب α و β و δ ;

$$X_1 = X_\alpha - A_1 \cdot |C_1 \cdot X_\alpha - X(t)| \dots (2 - 80)$$

$$X_2 = X_\beta - A_2 \cdot |C_2 \cdot X_\beta - X(t)| \dots (2 - 81)$$

$$X_3 = X_\delta - A_3 \cdot |C_3 \cdot X_\delta - X(t)| \dots (2 - 82)$$

$$X(t + 1) = \frac{X_1 + X_2 + X_3}{3} \dots (2 - 83)$$

اذ ان هنا X_1 و X_2 و X_3 تمثل المواضع المحسوبة على أساس الذئاب α و $\delta \beta$ على التوالي.

4- تكرار الخطوات (Iteration)

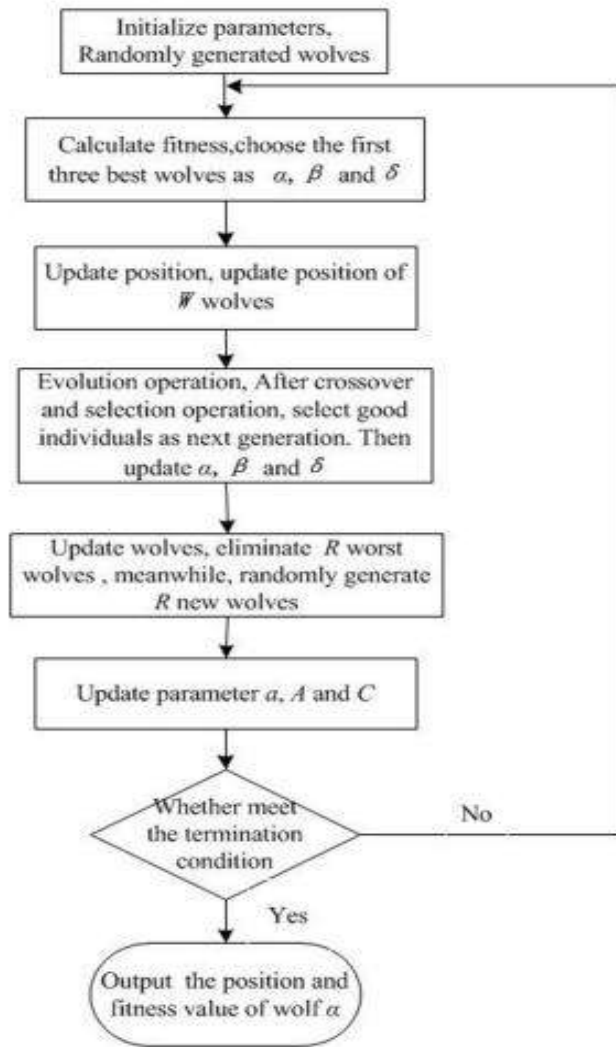
تكرار الخطوات السابقة لعدد معين من الأجيال اذ يتم تكرار الخطوات 2 و 3 لعدد معين من التكرارات (أجيال) حتى تصل الخوارزمية إلى حالة التوقف.

5- شروط التوقف (Termination Criteria)

إنهاء الخوارزمية عند تحقيق احد الشروط الاتية وهي الوصول إلى عدد معين من الأجيال. تحقيق تحسن ضئيل جداً في دالة الملائمة . الوصول إلى دالة ملائمة معينة تُعتبر مرضية.

وان الحل النهائي يتم اختياره كتقدير أخير للمعلمات :

$$(\theta^*_N, \alpha^*_N) = \arg \max \text{Fitness}(\theta_N, \alpha_N) \dots (2 - 84)$$



شكل (2-19) مخطط خوارزمية الذئب الرمادية. [Jie-Sheng & Shu-Xia, 2019, 4]

الفصل الثالث

الجانب التجريبي

تمهيد (Preface)

تم في هذا الفصل استعمال أسلوب محاكاة مونت- كارلو (Monte-Carlo Simulation) لبيان سلوك تقديرات دالة معولية نظام **Cascade** لتوزيع (DUS-DNS), باستعمال متوسط مربعات الخطأ التكاملية المجمع (PIMSE) بحيث تضمن ايضاً مفهوم المحاكاة ووصف تجارب المحاكاة الخاصة بالاطروحة من توليد بيانات التوزيع وخطوات تحويل التوزيع الاصلي الى نيتروسوفيكي. وذلك بالاعتماد على برنامج ماتلاب لغرض ايجاد النتائج.

3.1 سلوك معولية نظام Cascade لتوزيع (DUS-DNS)

Behavior of the system Cascade reliability of (DUS-DNS)

في هذه الفقرة تم دراسة سلوك المعولية لنظام Cascade بالاعتماد على قيم المعلمات المحدد لتوزيع (DUS-DNS) اذ تم استخراج قيم المعولية الحدية $R_{(1)}$, $R_{(2)}$, $R_{(3)}$, كذلك معولية R_3 (R_2 , R_1) ويتم عرضها في الجدولين (3-1), (3-2) لمعرفة سلوك معولية النظام والذي تم الحصول عليها من خلال الاعتماد على قيم مختلفة للمعلمات $(\alpha, \theta, \beta, \lambda)$.

جدول (3-1) المعولية الحدية $R_{(1)}$, $R_{(2)}$ مع معولية النظام R_2 عندما الإجهاد والمتانة تتبع توزيع (DUS-DNS) باستعمال عامل توهين $k = 0.5$.

α_1	α_2	α_3	θ_1	θ_2	θ_3	β_1	λ_1	$R_{(1)}$	$R_{(2)}$	R_2						
2	3	2	1	1	1	0.5	0.5	0.84985	0.00211	0.33282	0.01332	0.14191	0.06785	0.86317	0.14402	0.40067
3	2	2	1	2	2	0.8	0.8	0.85639	0.00216	0.32452	0.01185	0.24074	0.00567	0.86824	0.24290	0.33019
1	3	4	1	2	3	1	1	0.87263	0.00279	0.28496	0.00912	0.13482	0.04577	0.88175	0.13761	0.33073
4	1	1	1	2	4	1.5	1.5	0.88755	0.00327	0.18435	0.00257	0.03292	0.04455	0.89012	0.03619	0.22890
2	1	2	1	2	5	2	2	0.89946	0.00393	0.16255	0.00539	0.03130	0.03442	0.90485	0.03523	0.19697
1	1.5	2.5	2	2.5	3.5	1.5	1.5	0.83236	0.27738	0.00290	0.01759	0.00190	0.00046	0.84996	0.27928	0.00335
1.5	2.5	1	3.5	1	2.5	1.8	1.8	0.85911	0.17724	0.00185	0.01684	0.00080	0.00024	0.93395	0.17804	0.00209
2	2	1	1	2	3	2	2.5	0.86669	0.17664	0.00179	0.01919	0.00079	0.00013	0.88588	0.17743	0.00192
3	3	3	2.5	5	2	2.5	4	0.87204	0.17002	0.00178	0.01997	0.00078	0.00021	0.89201	0.17080	0.00199

الفصل الثالث الجانب التجريبي

2 1 2 5 3 4 5.5 5 0.89800 0.16592 0.00177 0.02188 0.00072 0.00017 0.91989 0.16664 0.00194

من جدول (3-1) أن معولية النظام R_2 تزداد مع زيادة قيم معاملات متغير المتانة وان درجة الصواب لمعولية النظام R_2 تتزايد , ودرجة الحياد تتناقص , بينما درجة الخطأ تتناقص . وكذلك المعولية الحدية $R_{(1)}$ تزداد كذلك , وان درجة الصواب للمعولية الحدية $R_{(1)}$ تتزايد , ودرجة الحياد تتناقص , بينما درجة الخطأ تتناقص , بينما المعولية الحدية $R_{(2)}$ درجة الصواب لها لا يتناقص , ودرجة الحياد يتناقص , ودرجة الخطأ تتناقص. في كل الحالات درجة الخطأ تتناقص.

الجدول (3-2) المعولية الحدية $R(3)$ مع معولية النظام R_2 عندما الإجهاد والمتانة تتبع توزيع

(DUS-DNS) باستعمال عامل توهين $k = 0.5$

α_1	α_2	α_3	θ_1	θ_2	θ_3	β_1	λ_1	R_2			$R_{(3)}$			R_3		
2	3	2	1	1	1	0.5	0.5	0.86317	0.14402	0.40067	0.01076	0.02641	0.02655	0.87393	0.17043	0.42722
3	2	2	1	2	2	0.8	0.8	0.86824	0.24290	0.33019	0.00929	0.02524	0.00437	0.87753	0.26814	0.33456
1	3	4	1	2	3	1	1	0.88175	0.13761	0.33073	0.00656	0.01932	0.04447	0.88831	0.15693	0.3752
4	1	1	1	2	4	1.5	1.5	0.89012	0.03619	0.22890	0.00567	0.01858	0.04325	0.89579	0.05477	0.27215
2	1	2	1	2	5	2	2	0.90485	0.03523	0.19697	0.00283	0.01520	0.03312	0.90768	0.05043	0.23009
1	1.5	2.5	2	2.5	3.5	1.5	1.5	0.84996	0.27928	0.00335	0.00103	0.01360	0.00016	0.85099	0.29288	0.00351
1.5	2.5	1	3.5	1	2.5	1.8	1.8	0.93395	0.17804	0.00209	0.00013	0.01270	0.00014	0.93408	0.19074	0.00223
2	2	1	1	2	3	2	2.5	0.88588	0.17743	0.00192	0.00012	0.01171	0.00003	0.88600	0.18914	0.00195
3	3	3	2.5	5	2	2.5	4	0.89201	0.17080	0.00199	0.00011	0.11072	0.00011	0.89212	0.28152	0.00210
2	1	2	5	3	4	5.5	5	0.91989	0.16664	0.00194	0.00001	0.00785	0.00007	0.91990	0.17449	0.00201

من جدول (3-2) أن معولية النظام R_3 تزداد مع زيادة قيم معاملات متغير المتانة وان درجة الصواب لمعولية النظام R_3 تتزايد , ودرجة الحياد تتناقص , بينما درجة الخطأ تتناقص . وكذلك المعولية الحدية $R_{(3)}$ تتناقص كذلك , وان درجة الصواب للمعولية الحدية $R_{(3)}$ تتناقص , ودرجة الحياد تتزايد , بينما درجة الخطأ تتناقص .

3.2 مفهوم المحاكاة (Simulation Concept)

المحاكاة هي عملية استخدام نموذج أو نظام يحاكي سلوك نظام حقيقي في بيئة معينة، بهدف دراسة وفهم كيفية عمل النظام من خلال إعادة إنتاج جوانب محددة منه باستخدام نموذج رياضي أو برمجي. تُستخدم المحاكاة لتجربة سيناريوهات مختلفة، تحليل التأثيرات المحتملة، واختبار الأفكار قبل تطبيقها في الواقع، مما يوفر الوقت والتكاليف ويقلل من المخاطر. تشمل المحاكاة أنواعاً متعددة مثل المحاكاة الفيزيائية والحاسوبية والتفاعلية والزمنية، وتُستخدم في مجالات متنوعة مثل الهندسة والطب والتعليم والدفاع. رغم فوائدها الكبيرة في تحليل الأنظمة المعقدة واتخاذ قرارات مستنيرة، إلا أن نجاح المحاكاة يعتمد على دقة النماذج المستخدمة وقدرة المحللين على تفسير النتائج بشكل صحيح. في الإحصاء، المحاكاة هي تقنية تُستخدم لإنشاء عينات بيانات اصطناعية أو محاكاة تجارب إحصائية متعددة بهدف دراسة الخصائص الإحصائية للمجتمع أو لتقدير توزيع معين. تعتمد المحاكاة على النماذج الرياضية أو الحاسوبية لتوليد بيانات تتبع نمطاً إحصائياً محدداً، مما يسمح للباحثين بفحص كيفية تصرف الإحصائيات مثل المتوسط أو التباين تحت ظروف مختلفة. تستخدم المحاكاة بشكل خاص عندما يكون من الصعب أو المكلف جمع البيانات الحقيقية، أو عندما تكون التجارب الحقيقية غير عملية. يمكن تطبيق المحاكاة لتقييم فعالية الطرق الإحصائية، تحليل المخاطر، تقدير القيم الحرجة، وتطوير نماذج التنبؤ. تعد المحاكاة أداة قوية في الإحصاء لأنها توفر وسيلة لتكرار التجارب الافتراضية بشكل كبير، مما يساعد في تحسين فهم السلوك الإحصائي واختبار الفرضيات بدقة أكبر. [P. Morris et al., 2019, 2075]

3.3 مراحل تجارب المحاكاة (Simulation Steps)

تتضمن تجارب المحاكاة الخطوات الآتية:

1ولاً: اختيار المعلمات الافتراضية للتوزيع :

تعد مرحلة اختيار القيم الافتراضية، التي تعد من المراحل المهمة وتعتمد عليها المراحل الأخرى ، والجدول التالي يبين قيم المعلمات المفترضة، يتضمن توزيع (DUS-DNS) معلمتين هما (α, θ) تم اختيار معلمات افتراضية تجريبياً وكما في جدول (3-3)

جدول (3-3) القيم الافتراضية للمعلمات والتجارب المختلفة

θ	α
2	1
3	0.5
5	0.8
0.8	3
4	1.8

وتم تحويل المعلمات الافتراضية التقليدية الى نيتروسوفيكية وفق الخطوات الآتية :

1- افتراض اضافة عدم يقين الى المعلمة التقليدية للحصول على معلمة نيتروسوفيكية وكالاتي:

نفرض ان المعلمة النيتروسوفيكية مكون من المركبات الآتية:

$T_N = a$; مركبة الصحة

$I_N = b$; مركبة الحياد

$F_N = c$; مركبة الخطأ

2- تحويل المعلمة التقليدية الى نيتروسوفيكية بتحديد درجة خطأ في هذه المركبات وكالاتي:

$\epsilon_T =$;

$\epsilon_I =$;

$\epsilon_F =$;

$Parameter_N = [Parameter - \epsilon_T, \epsilon_I, Parameter + \epsilon_F]$

اذ ان $Parameter_N$ هي المعلمة النيتروسوفيكية والتي تكون على شكل عدد نيتروسوفيكية

ثانياً: توليد عينات عشوائية من توزيع (DUS-DNS):

تم استعمال معكوس دالة الـ CDF لايجاد عينات عشوائية من توزيع (DUS-DNS) وكالاتي:

ان دالة التوزيع التراكمية كالاتي:

$$G(x_N, \theta_N, \alpha_N) = \left[1 - \frac{\theta^\alpha (\theta + x_N^\alpha) e^{-\theta x_N} + \alpha \Gamma(\alpha, \theta x_N)}{\theta^{\alpha+1} + \Gamma(\alpha + 1)} \right] (1 + I_N)$$

يمكن تبسيط هذه الدالة وكتابتها بالصورة الآتية :

$$\theta_N^{\alpha_N} (\theta_N) + x_N^\alpha e^{-\theta_N x_N} + \Gamma(\alpha_N, \theta_N x_N) \left[1 - \frac{G(x_N, \theta_N, \alpha_N)}{1 + I_N} \right] \dots (3-1)$$

$$B(\theta_N, \alpha_N) \left[1 - \frac{G(x_N, \theta_N, \alpha_N)}{1 + I_N} \right]$$

اذ ان $B(\theta_N, \alpha_N)$ يمثل المقام في الكسر الموجود داخل معادلة (3-3) اي ان:

$$B(\theta_N, \alpha_N) = \theta_N^{\alpha_N+1} + \Gamma(\alpha_N + 1) \dots (3-2)$$

يقوم $B(\theta_N, \alpha_N)$ بتطبيق الكسر داخل الدالة $G(x_N, \theta_N, \alpha_N)$ بحيث يجمع تأثيرات كل من معلمة المقياس ومعلمة الشكل في دالة واحدة واحد، مما يوازن الحدود التي تشمل الدالة الأسية ودالة كما غير المكتملة ويضمن أن الدالة $G(x_N, \theta_N, \alpha_N)$ تعمل بطريقة متنسقة مع التوزيع أو الدالة التي تقوم بنمذجتها، خاصةً في سياقات المعولية أو التوزيعات الاحتمالية حيث يكون التطبيق مهمًا للحفاظ على التفسيرات الاحتمالية الصحيحة. وباستعمال طريقة تحليل عددي وهي ريفة برينت (Brent's Method) باستخدام الدالة المدمجة في برنامج ماتلاب وهي (fzero) هي طريقة تحليل عددي متقدمة تستخدم لحل المعادلات غير الخطية. تجمع هذه الطريقة بين مزايا عدة طرق، بما في ذلك طريقة التقطيع (Bisection Method)، طريقة الوتر (Secant Method)، وطريقة النقطة الكاذبة (False Position Method)، مما يجعلها فعالة ومستقرة.

الفصل الثالث _____ الجانب التجريبي

ثالثاً: تحديد احجام العينات: تم اختيار أربعة احجام للعينات وهي:

$$n = 25, 50, 75, 100$$

رابعاً: مرحلة التقدير:

في هذه المرحلة يتم تقدير دالة المعولية لنظام Cascade والمبينة في الجانب النظري بحسب طرائق التقدير الآتية:

- 1- الخوارزمية الجينية (Genetic Algorithm)
- 2- خوارزمية الحوت الأحدب (HWO Algorithm)
- 3- خوارزمية الذئب الرمادي (GWO Algorithm)

خامساً: مرحلة المقارنة:

يتم في هذه المرحلة المقارنة بين التقديرات , عن طريق استعمال المقياس الاحصائي متوسط مربعات الخطأ التكاملي المجموع (Pooled Integrated mean square error PIMSE) وحسب الصيغة الآتية:

$$PIMSE(\hat{R}_3) = \frac{1}{nL} \sum_{i=1,2,\dots,L} \left((\hat{R}_{3Ti} - R_{3T})^2 + (\hat{R}_{3Ii} - R_{3I})^2 + (\hat{R}_{3Fi} - R_{3F})^2 \right) \dots (3-3)$$

إذ أن :

L: يمثل عدد التكرارات (Replications) لكل تجربة حيث كانت $L = 1000$

n: حجم العينة

T, I, F الصواب وعدم التاكيد والخطا الخاص بالمعولية المقدره والذي يمثل المعولية النيتروسوفيكية.

3.4 مناقشة تجارب المحاكاة

الجدول التالية تبين نتائج تجارب محاكاة لغرض تقدير دالة معولية نظام يتروسوفيك Cascade بالاعتماد على التوزيع (DUS-DNS) وكما ياتي:

الفصل الثالث ————— الجانب التجريبي

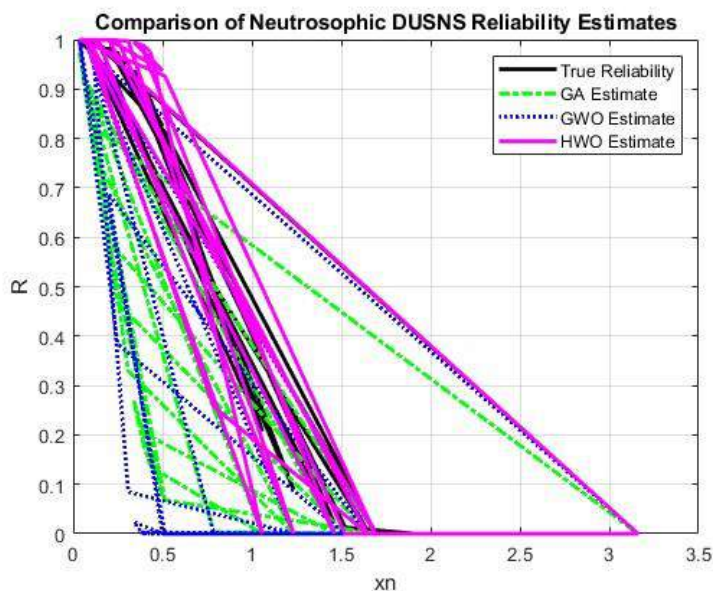
التجربة الأولى:

جدول (3-4) تقدير معولية نظام Cascade ومتوسط مربعات الخطأ التكاملي المجمع لتوزيع (DUS-)
(DNS) لجميع طرائق التقدير وعند كافة حجوم العينات للتجربة الأولى

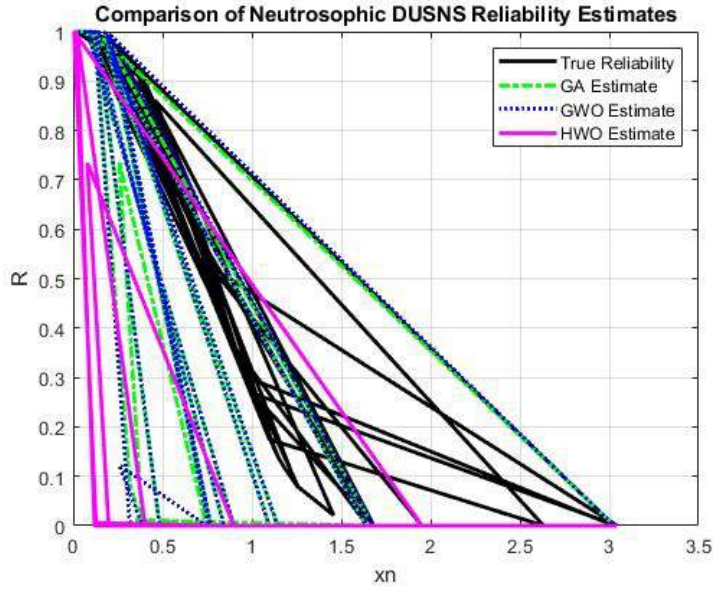
$Real_N$			R_{NGA}			R_{NHW0}			R_{NGW0}		
n=25											
T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F
0.99989	0.34535	0.00345	0.99639	0.34487	0.00344	0.99703	0.34045	0.00341	0.99172	0.33999	0.00330
0.99437	0.34312	0.00342	0.99156	0.34079	0.00337	0.98468	0.33095	0.00340	0.98176	0.33218	0.00330
0.98885	0.34089	0.00340	0.98880	0.33344	0.00334	0.97106	0.32925	0.00331	0.98062	0.33044	0.00329
0.98333	0.33866	0.00337	0.97377	0.33106	0.00331	0.95850	0.32778	0.00321	0.97456	0.32977	0.00326
0.97781	0.33642	0.00335	0.97356	0.33087	0.00329	0.95521	0.32352	0.00318	0.96182	0.32927	0.00325
0.97229	0.33419	0.00332	0.96981	0.32921	0.00327	0.95264	0.32307	0.00317	0.96080	0.32750	0.00323
0.96677	0.33196	0.00329	0.96485	0.32516	0.00326	0.94967	0.31883	0.00316	0.95701	0.32298	0.00323
0.96125	0.32973	0.00327	0.95423	0.32500	0.00320	0.94758	0.31857	0.00315	0.94964	0.31884	0.00321
0.95573	0.32750	0.00324	0.94948	0.32381	0.00319	0.94599	0.31844	0.00313	0.93693	0.31802	0.00318
0.95021	0.32527	0.00322	0.94081	0.32205	0.00314	0.94316	0.31444	0.00313	0.93668	0.31262	0.00313
IMSE			0.07253			0.05549			0.06897		
Best			3			1			2		
n=50											
T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F
0.94469	0.32303	0.00319	0.93538	0.31586	0.00312	0.93480	0.31200	0.00313	0.93886	0.31419	0.00310
0.93918	0.32080	0.00316	0.93458	0.31466	0.00308	0.92590	0.30896	0.00309	0.93428	0.31301	0.00306
0.93366	0.31857	0.00314	0.92403	0.31418	0.00305	0.91708	0.30876	0.00309	0.92102	0.30869	0.00303
0.92814	0.31634	0.00311	0.92280	0.31113	0.00304	0.91594	0.30722	0.00299	0.91079	0.30810	0.00297
0.92262	0.31411	0.00309	0.91724	0.31095	0.00302	0.91243	0.30417	0.00296	0.89941	0.30337	0.00295
0.91710	0.31188	0.00306	0.90815	0.30613	0.00300	0.91070	0.30272	0.00296	0.89710	0.30078	0.00290
0.91158	0.30965	0.00303	0.90494	0.30569	0.00297	0.90129	0.29972	0.00294	0.88830	0.29911	0.00286
0.90606	0.30741	0.00301	0.90088	0.30296	0.00296	0.89634	0.29913	0.00292	0.88527	0.29595	0.00281
0.90054	0.30518	0.00298	0.89385	0.30051	0.00296	0.89070	0.28976	0.00292	0.88400	0.29108	0.00281
0.89502	0.30295	0.00296	0.88806	0.29688	0.00291	0.88485	0.28758	0.00292	0.88224	0.29091	0.00279
IMSE			0.05689			0.04566			0.04489		
Best			3			2			1		
n=75											
T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F
0.88950	0.30072	0.00293	0.88397	0.29407	0.00288	0.87510	0.28714	0.00284	0.87581	0.28944	0.00279
0.88398	0.29849	0.00290	0.88297	0.29245	0.00286	0.87495	0.28713	0.00282	0.86501	0.28564	0.00277
0.87846	0.29626	0.00288	0.87642	0.28997	0.00286	0.87013	0.28697	0.00279	0.86474	0.27849	0.00271
0.87294	0.29403	0.00285	0.87135	0.28928	0.00283	0.86991	0.28664	0.00275	0.85376	0.27779	0.00266
0.86742	0.29179	0.00283	0.86482	0.28795	0.00279	0.86665	0.28352	0.00272	0.85133	0.27721	0.00266

الفصل الثالث ————— الجانب التجريبي

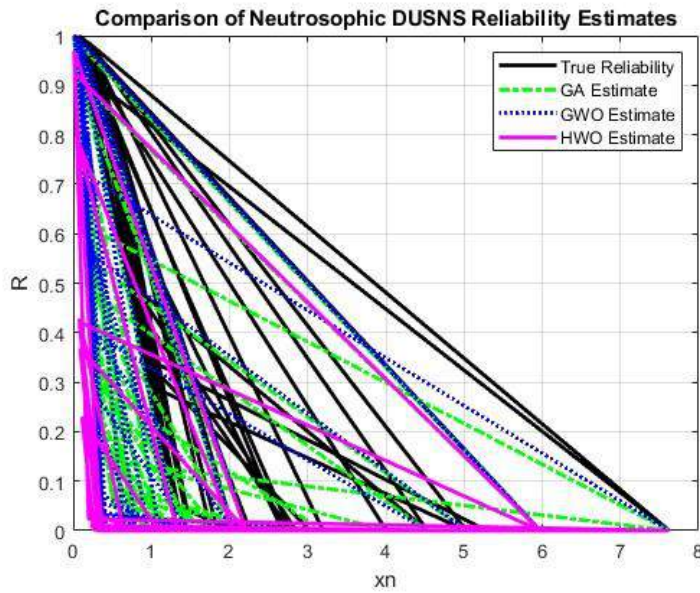
0.86190	0.28956	0.00280	0.85623	0.28597	0.00277	0.84841	0.27983	0.00266	0.84956	0.27496	0.00264
0.85638	0.28733	0.00278	0.85419	0.28515	0.00274	0.84288	0.27771	0.00266	0.84139	0.27293	0.00264
0.85086	0.28510	0.00275	0.84677	0.28197	0.00274	0.83991	0.27678	0.00263	0.83389	0.27208	0.00264
0.84534	0.28287	0.00272	0.83811	0.28065	0.00266	0.83358	0.27321	0.00261	0.82907	0.26938	0.00259
0.83982	0.28064	0.00270	0.83723	0.27704	0.00262	0.82741	0.26976	0.00259	0.82798	0.26720	0.00256
IMSE			0.04684			0.03814			0.03894		
Best			3			2			1		
n=100											
T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F
0.83430	0.27840	0.00267	0.83323	0.27453	0.00261	0.82678	0.26969	0.00258	0.82295	0.26605	0.00255
0.82878	0.27617	0.00265	0.82645	0.27354	0.00260	0.81284	0.26888	0.00256	0.81231	0.26249	0.00249
0.82326	0.27394	0.00262	0.82256	0.27080	0.00259	0.81209	0.26362	0.00252	0.81068	0.25750	0.00246
0.81775	0.27171	0.00259	0.81123	0.26552	0.00255	0.81016	0.26352	0.00249	0.80486	0.25417	0.00246
0.81223	0.26948	0.00257	0.80831	0.26413	0.00255	0.80097	0.25809	0.00246	0.80327	0.25285	0.00243
0.80671	0.26725	0.00254	0.80362	0.26408	0.00252	0.79717	0.25777	0.00244	0.79196	0.25016	0.00239
0.80119	0.26502	0.00252	0.79916	0.25958	0.00244	0.78963	0.25472	0.00244	0.77653	0.24649	0.00235
0.79567	0.26278	0.00249	0.78756	0.25763	0.00242	0.78923	0.25400	0.00240	0.77485	0.24304	0.00231
0.79015	0.26055	0.00246	0.78432	0.25306	0.00240	0.78796	0.24655	0.00236	0.77254	0.24236	0.00231
0.78463	0.25832	0.00244	0.77842	0.25274	0.00239	0.77405	0.24373	0.00233	0.76987	0.24019	0.00223
IMSE			0.02689			0.02856			0.02867		
Best			1			2			3		



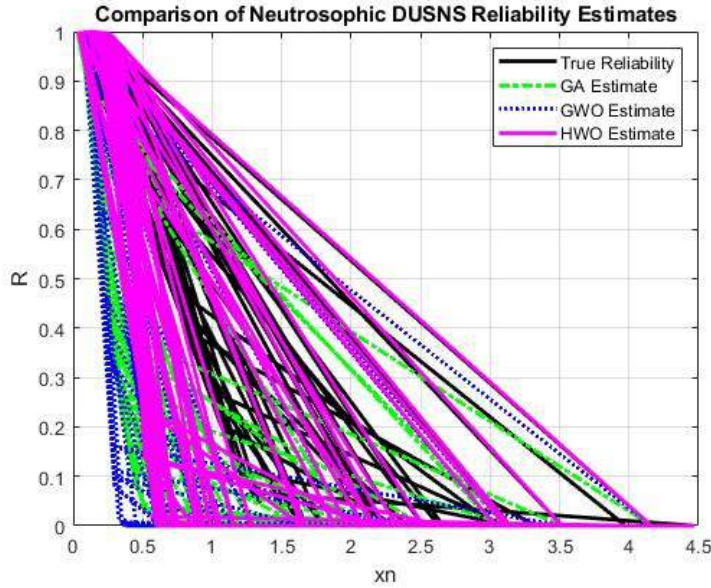
شكل (3-1) منحنى دالة معولية نظام Cascade النيتروسوفية لتوزيع (DUS-DNS) لجميع طرائق التقدير عند حجم عينة (n=25) للتجربة الأولى



شكل (3-2) منحنيات معولية نظام Cascade النيتروسوفيكية لتوزيع (DUS-DNS) لجميع طرائق التقدير عند حجم عينة (n=50) للتجربة الأولى



شكل (3-3) منحنيات معولية نظام Cascade النيتروسوفيكية لتوزيع (DUS-DNS) لجميع طرائق التقدير عند حجم عينة (n=75) للتجربة الأولى



شكل (3-4) منحنيات معولية نظام Cascade النيتروسوفيكية لتوزيع (DUS-DNS) لجميع طرائق التقدير عند حجم عينة (n=100) للتجربة الأولى

نلاحظ من الجدول (3-4) والاشكال (3-1) الى (3-4) :

1- عند حجم عينة $n=25$ ان افضل تقدير لمعولية نظام Cascade كان عند طريقة التقدير خوارزمية الحوت الأحذب (HWO) كونها حققت اقل قيم معيار المقارنة PIMSE والذي بلغ (0.05549) ونلاحظ ايضاً ان المعولية المقدره بهذه الطريقة اقرب للمعولية الحقيقية , تليها خوارزمية الذئب الرمادي (GWO) بطريقة بمتوسط مبيعات خطأ تكاملي مجمع (PIMSE) بلغ (0.06897), واخيراً كانت الخوارزمية الجينية (GA) بمتوسط مربعات خطأ تكاملي مجمع (PIMSE) بلغ (0.07253)

2- عند حجم عينة $n=50$ ان افضل تقدير لمعولية نظام Cascade كان عند طريقة التقدير خوارزمية الذئب الرمادي (GWO) كونها حققت اقل قيم معيار المقارنة PIMSE والذي بلغ (0.04489) ونلاحظ ايضاً ان المعولية المقدره بهذه الطريقة اقرب للمعولية الحقيقية , تليها طريقة الحوت الأحذب (HWO) بمتوسط مبيعات خطأ تكاملي مجمع (PIMSE) بلغ (0.04566), واخيراً كانت الخوارزمية الجينية (GA) بمتوسط مربعات خطأ تكاملي مجمع (PIMSE) بلغ (0.05689)

الفصل الثالث — الجانب التجريبي

3- عند حجم عينة $n=75$ ان افضل تقدير لمعولية نظام Cascade كان عند طريقة التقدير خوارزمية الذئب الرمادي (GWO) كونها حققت اقل قيم معيار المقارنة PIMSE والذي بلغ (0.03894) ونلاحظ ايضاً ان المعولية المقدره بهذه الطريقة اقرب للمعولية الحقيقية , تليها طريقة الحوت الأحذب (HWO) بمتوسط مبيعات خطأ تكاملي مجمع (PIMSE) بلغ (0.03814), واخيراً كانت الخوارزمية الجينية (GA) بمتوسط مربعات خطأ تكاملي مجمع (PIMSE) بلغ (0.04684)

4- عند حجم عينة $n=100$ ان افضل تقدير لمعولية نظام Cascade كان عند طريقة التقدير الخوارزمية الجينية (GA) كونها حققت اقل قيم معيار المقارنة PIMSE والذي بلغ (0.02689) ونلاحظ ايضاً ان المعولية المقدره بهذه الطريقة اقرب للمعولية الحقيقية , تليها طريقة الحوت الأحذب (HWO) بمتوسط مبيعات خطأ تكاملي مجمع (PIMSE) بلغ (0.02856), واخيراً كانت خوارزمية الذئب الرمادي (GWO) بمتوسط مربعات خطأ تكاملي مجمع (PIMSE) بلغ (0.02867)

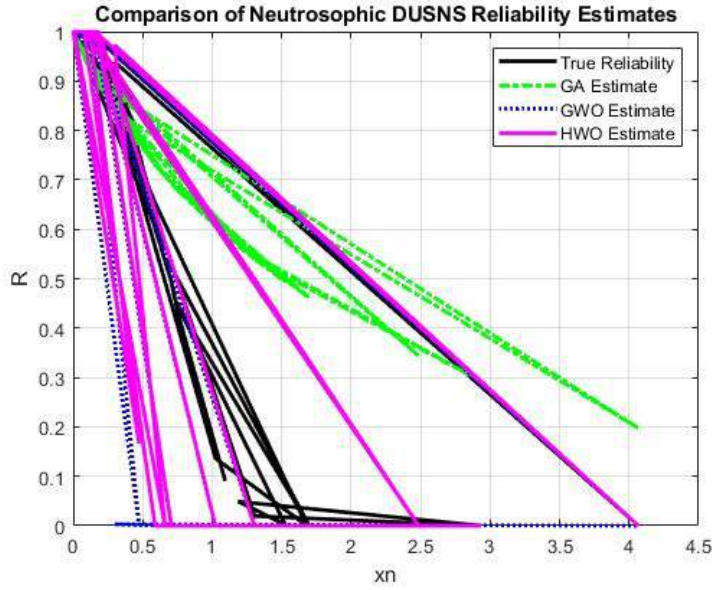
التجربة الثانية:

جدول (3-5) تقدير معولية نظام CASCADE ومتوسط مربعات الخطأ التكاملي المجمع لتوزيع (DUS-DNS) لجميع طرائق التقدير وعند كافة حجوم العينات للتجربة الثانية

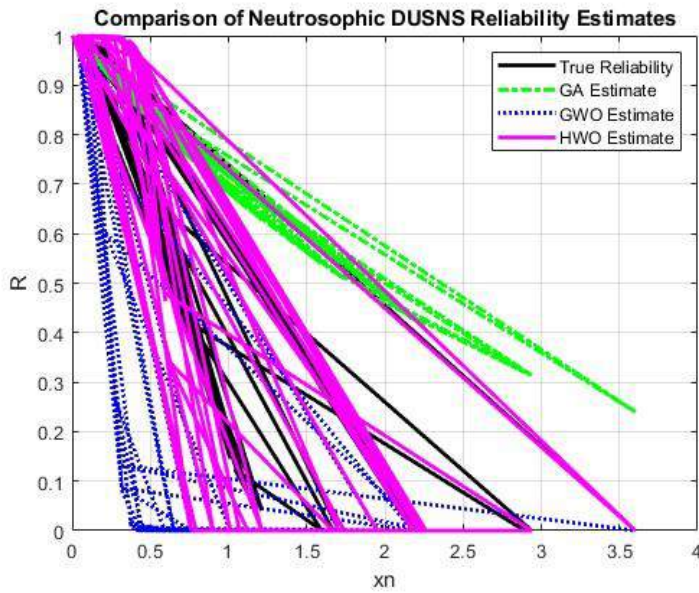
$Real_N$			R_{NGA}			R_{NHWO}			R_{NGWO}		
n=25											
T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F
0.99999	0.78831	0.2398	0.99237	0.93973	0.66134	0.99975	0.78998	0.26134	0.99233	0.93903	0.66071
0.99554	0.7641	0.22114	0.90725	0.91157	0.64223	0.92745	0.68167	0.24223	0.90705	0.91089	0.64159
0.99261	0.70908	0.00067	0.88714	0.81832	0.30938	0.88724	0.67889	0.00058	0.88691	0.81783	0.30874
0.98971	0.68278	0.00061	0.87185	0.60548	0.00000	0.87178	0.60589	0.00056	0.87161	0.60593	0.00000
0.95446	0.48528	0.00001	0.77634	0.45857	0.00000	0.77667	0.45898	0.00000	0.77607	0.45822	0.00000
0.94751	0.46924	0.00000	0.76441	0.34889	0.00000	0.76468	0.34899	0.00000	0.76414	0.34946	0.00000
0.65057	0.39006	0.00000	0.53465	0.33173	0.00000	0.53488	0.33193	0.00000	0.53449	0.3323	0.00000
0.34111	0.13463	0.00000	0.07214	0.32151	0.00000	0.27219	0.22196	0.00000	0.07233	0.3207	0.00000
0.21333	0.06666	0.00000	0.01134	0.24998	0.00000	0.21139	0.05989	0.00000	0.01142	0.24918	0.00000
0.13354	0.02006	0.00000	0.00937	0.19991	0.00000	0.13988	0.13999	0.00000	0.00944	0.19911	0.00000
IMSE			0.08725			0.01680			0.05696		
Best			3			1			2		
n=50											
T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F
0.99764	0.74339	0.19791	0.95056	0.89789	0.61950	0.95711	0.74774	0.21040	0.95011	0.89732	0.61882
0.95062	0.72246	0.17930	0.86541	0.86940	0.60039	0.88561	0.63980	0.20049	0.86521	0.86905	0.59945

الفصل الثالث — الجانب التجريبي

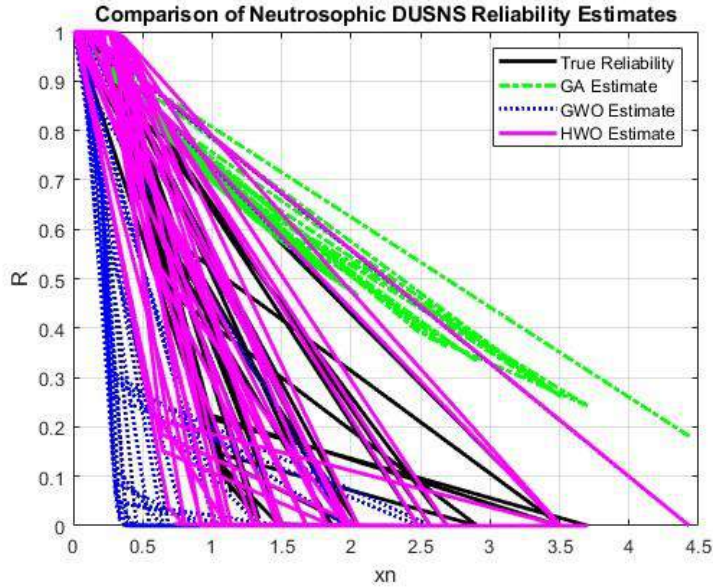
0.95045	0.66724	0.00055	0.84530	0.77648	0.26754	0.84440	0.63705	0.00006	0.84507	0.77599	0.26690
0.94778	0.64094	0.00000	0.83001	0.56064	0.00000	0.82994	0.56105	0.00005	0.82947	0.56109	0.00000
0.88262	0.44044	0.00000	0.73450	0.38640	0.00000	0.73480	0.38714	0.00000	0.73420	0.38638	0.00000
0.90567	0.42740	0.00000	0.72257	0.30705	0.00000	0.72284	0.30715	0.00000	0.72230	0.30762	0.00000
0.57840	0.34822	0.00000	0.19281	0.28989	0.00000	0.19304	0.29109	0.00000	0.19265	0.29046	0.00000
0.29927	0.09279	0.00000	0.03030	0.27965	0.00000	0.23035	0.18010	0.00000	0.03049	0.27886	0.00000
0.17149	0.02482	0.00000	0.03050	0.20811	0.00000	0.16955	0.01195	0.00000	0.00340	0.20734	0.00000
0.09140	0.00078	0.00000	0.03250	0.15802	0.00000	0.09804	0.09815	0.00000	0.00134	0.15127	0.00000
IMSE			0.07804			0.013456			0.03644		
Best			3			1			2		
n=75											
T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F
0.84433	0.63005	0.08457	0.83722	0.78455	0.50616	0.84377	0.63449	0.09706	0.83677	0.78398	0.50548
0.83728	0.60912	0.06596	0.75207	0.75606	0.48705	0.77227	0.52642	0.08715	0.75187	0.75571	0.48611
0.83711	0.55390	0.11279	0.73196	0.66314	0.15420	0.73106	0.52371	0.00003	0.73173	0.66265	0.15356
0.83444	0.52760	0.00000	0.71667	0.44730	0.00000	0.71660	0.44771	0.00002	0.71613	0.44775	0.00000
0.76928	0.32710	0.00000	0.62116	0.27306	0.00000	0.62146	0.27380	0.00000	0.62086	0.27304	0.00000
0.79233	0.31406	0.00000	0.60923	0.19371	0.00000	0.60950	0.19381	0.00000	0.60896	0.19428	0.00000
0.46506	0.23488	0.00000	0.07947	0.17655	0.00000	0.07970	0.17775	0.00000	0.07931	0.17712	0.00000
0.18593	0.02055	0.00000	0.02304	0.16633	0.00000	0.11701	0.06676	0.00000	0.02134	0.16552	0.00000
0.05815	0.08852	0.00000	0.01284	0.09477	0.00000	0.05621	0.00139	0.00000	0.01366	0.09400	0.00000
0.02194	0.00006	0.00000	0.00084	0.00000	0.00000	0.01530	0.00010	0.00000	0.00035	0.03793	0.00000
IMSE			0.05602			0.01216			0.02689		
Best			3			1			2		
n=100											
T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F
0.82423	0.61011	0.06469	0.81734	0.76449	0.48655	0.82345	0.61461	0.07718	0.81681	0.7642	0.48357
0.81746	0.58911	0.04608	0.73219	0.73613	0.46717	0.75239	0.50654	0.06727	0.73199	0.73578	0.4659
0.81723	0.53489	0.09291	0.71208	0.64326	0.13432	0.71118	0.50383	0.00002	0.71185	0.64277	0.13355
0.71456	0.50772	0	0.69658	0.42742	0.01988	0.69672	0.42783	0	0.69678	0.42781	0
0.7494	0.30722	0	0.60128	0.25372	0	0.60158	0.25395	0	0.60098	0.25316	0
0.77245	0.29418	0	0.58935	0.17383	0	0.58978	0.17393	0	0.58989	0.1744	0
0.44513	0.215	0	0.05952	0.15638	0	0.05982	0.15734	0	0.05956	0.15724	0
0.16605	0.00055	0	0.00316	0.14645	0	0.09713	0.04688	0	0.00146	0.14588	0
0.03827	0.06842	0	0.00704	0.07482	0	0.03633	0.00134	0	0.00622	0.07879	0
0.00204	0	0	0	0	0	0.00458	0	0	0	0.01806	0
IMSE			0.04567			0.01157			0.01467		
Best			3			1			2		



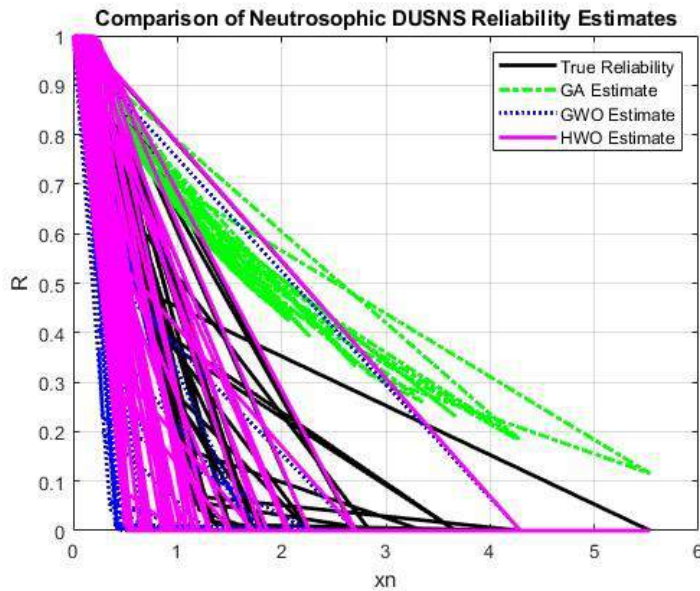
شكل (3-5) منحنى دالة معولية نظام Cascade النيتروسوفيكية لتوزيع (DUS-DNS) لجميع طرائق التقدير عند حجم عينة (n=25) للتجربة الثانية



شكل (3-6) منحنيات معولية نظام Cascade النيتروسوفيكية لتوزيع (DUS-DNS) لجميع طرائق التقدير عند حجم عينة (n=50) للتجربة الثانية



شكل (3-7) منحنيات معولية نظام Cascade النيتروسوفيكية لتوزيع (DUS-DNS) لجميع طرائق التقدير عند حجم عينة (n=75) للتجربة الثانية



شكل (3-8) منحنيات معولية نظام Cascade النيتروسوفيكية لتوزيع (DUS-DNS) لجميع طرائق التقدير عند حجم عينة (n=100) للتجربة الثانية

نلاحظ من الجدول (3-5) والاشكال (3-5) الى (3-8) ان افضل تقدير لمعولية نظام Cascade كان عند طريقة التقدير خوارزمية الحوت الأزرق (HWO) كونها حققت اقل قيم معيار المقارنة MSE

الفصل الثالث ————— الجانب التجريبي

ونلاحظ أيضاً ان المعولية المقدرة بهذه الطريقة اقرب للمعولية الحقيقية لجميع احجام العينات وللتجربة الأولى.

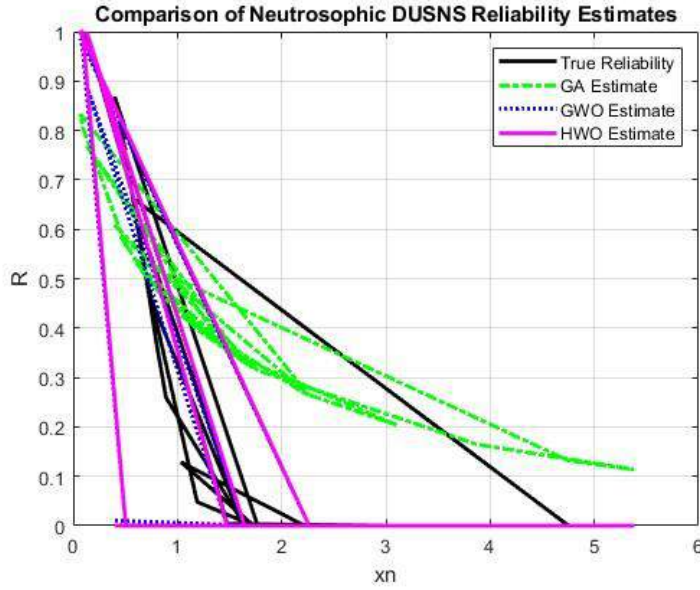
التجربة الثالثة:

جدول (3-6) تقدير معولية نظام Cascade ومتوسط مربعات الخطأ التكاملية المجمع لتوزيع (-DUS DNS) لجميع طرائق التقدير وعند كافة حجوم العينات للتجربة الثالثة

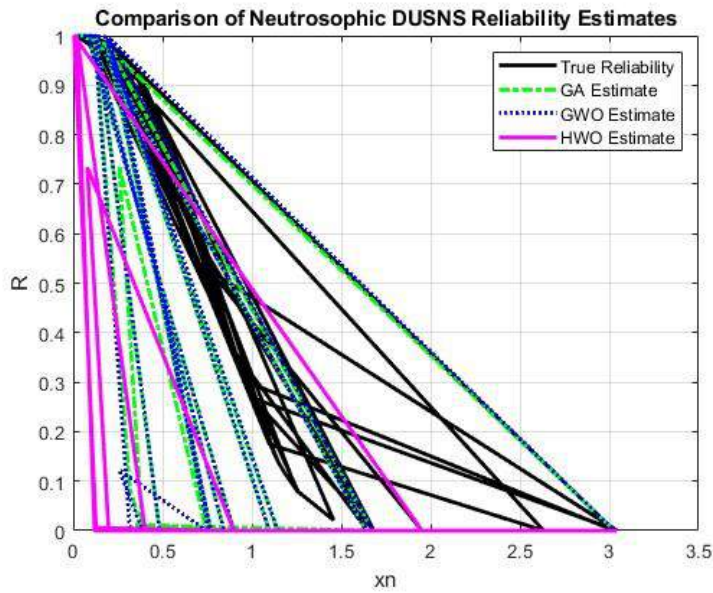
$Real_N$			R_{NGA}			R_{NHW0}			R_{NGW0}		
n=25											
T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F
0.99651	0.34529	0.00344	0.98926	0.34814	0.01310	0.98653	0.34523	0.00344	0.99563	0.34425	0.00341
0.99040	0.34351	0.00341	0.98201	0.34517	0.01281	0.98028	0.34480	0.00340	0.98995	0.34323	0.00339
0.98781	0.34350	0.00341	0.97673	0.34027	0.01226	0.97781	0.34251	0.00339	0.98869	0.34214	0.00329
0.98401	0.34316	0.00338	0.97043	0.33940	0.01218	0.96374	0.33214	0.00335	0.97850	0.34099	0.00326
0.97759	0.34262	0.00336	0.96258	0.33029	0.01204	0.95610	0.33151	0.00335	0.97413	0.34055	0.00322
0.95764	0.34038	0.00335	0.95492	0.32926	0.01203	0.95180	0.32919	0.00334	0.97258	0.33857	0.00319
0.95625	0.33865	0.00329	0.95200	0.32907	0.01152	0.94929	0.32694	0.00332	0.96693	0.33533	0.00319
0.95601	0.33653	0.00327	0.95116	0.32723	0.01130	0.94674	0.32551	0.00330	0.96001	0.33481	0.00317
0.95086	0.33586	0.00327	0.94813	0.32665	0.01124	0.94435	0.32269	0.00327	0.95316	0.33234	0.00317
0.94592	0.33474	0.00325	0.94302	0.32610	0.01096	0.94121	0.32221	0.00324	0.94548	0.32997	0.00317
IMSE			0.00089			0.00020			0.00005		
Best			3			2			1		
n=50											
T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F
0.93344	0.33044	0.00322	0.93959	0.32460	0.01093	0.93671	0.32927	0.00316	0.94056	0.32167	0.00323
0.92271	0.32917	0.00321	0.93117	0.31642	0.01058	0.93600	0.32792	0.00316	0.93545	0.32063	0.00318
0.91714	0.32884	0.00319	0.92617	0.31575	0.01003	0.92897	0.32674	0.00316	0.92987	0.31847	0.00318
0.91064	0.32515	0.00318	0.92549	0.31298	0.00993	0.92090	0.32278	0.00315	0.91841	0.31520	0.00315
0.90497	0.31902	0.00318	0.92271	0.30746	0.00984	0.91651	0.32210	0.00309	0.91768	0.31505	0.00315
0.90357	0.31650	0.00317	0.90846	0.30629	0.00943	0.91493	0.32071	0.00309	0.90885	0.30553	0.00313
0.90187	0.31592	0.00316	0.90491	0.30588	0.00906	0.90810	0.32005	0.00307	0.90674	0.29800	0.00309
0.89712	0.30848	0.00312	0.88315	0.30074	0.00904	0.90391	0.31870	0.00303	0.88822	0.29790	0.00304
0.88920	0.30567	0.00310	0.87833	0.29044	0.00896	0.90379	0.31824	0.00300	0.87915	0.29541	0.00303
0.88287	0.30422	0.00310	0.87614	0.28802	0.00875	0.89850	0.31695	0.00298	0.87569	0.28796	0.00301
IMSE			0.00013			0.00002			0.00004		
Best			3			2			1		
n=75											
T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F
0.87784	0.30359	0.00309	0.87410	0.28568	0.00850	0.87149	0.28730	0.00299	0.89386	0.31626	0.00295
0.87178	0.30290	0.00297	0.87213	0.28413	0.00849	0.86793	0.28508	0.00296	0.89048	0.30835	0.00294

الفصل الثالث ————— الجانب التجريبي

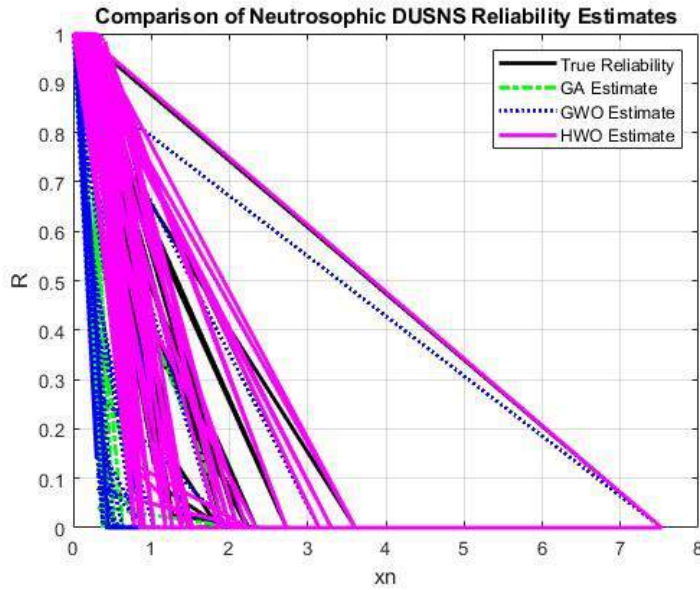
0.86123	0.29976	0.00296	0.85343	0.28290	0.00840	0.85253	0.28434	0.00288	0.88217	0.30719	0.00293
0.85928	0.29553	0.00295	0.85049	0.27816	0.00831	0.85037	0.28250	0.00286	0.87632	0.30282	0.00292
0.85723	0.29482	0.00295	0.84392	0.27673	0.00826	0.84943	0.27465	0.00283	0.87631	0.29722	0.00291
0.85304	0.29180	0.00295	0.84265	0.27423	0.00818	0.83895	0.26900	0.00283	0.87172	0.29594	0.00290
0.84584	0.29038	0.00293	0.84210	0.27421	0.00806	0.83616	0.26785	0.00283	0.86473	0.29280	0.00287
0.84442	0.28344	0.00292	0.84074	0.26658	0.00758	0.83524	0.26762	0.00282	0.86270	0.29227	0.00287
0.83236	0.28295	0.00290	0.84009	0.26612	0.00741	0.83278	0.26698	0.00278	0.86192	0.29081	0.00283
0.82294	0.27648	0.00289	0.82684	0.25663	0.00739	0.82992	0.26039	0.00273	0.86058	0.28013	0.00281
IMSE		0.00001				0.000016				0.000025	
Best		1				2				3	
n=100											
T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F
0.82019	0.27536	0.00289	0.82529	0.25600	0.00719	0.82789	0.25982	0.00271	0.86028	0.27979	0.00278
0.80988	0.27277	0.00286	0.81029	0.25243	0.00714	0.81042	0.25963	0.00270	0.85281	0.27924	0.00276
0.79798	0.27225	0.00286	0.80549	0.25168	0.00707	0.79881	0.25461	0.00269	0.85219	0.27844	0.00272
0.78717	0.26671	0.00284	0.78965	0.25055	0.00688	0.79574	0.25103	0.00263	0.84771	0.27805	0.00266
0.77246	0.26662	0.00279	0.77392	0.24749	0.00686	0.77748	0.25010	0.00262	0.84752	0.27256	0.00266
0.77149	0.26437	0.00275	0.77319	0.24675	0.00685	0.76454	0.24683	0.00260	0.84077	0.26917	0.00265
0.76278	0.25896	0.00274	0.76868	0.24394	0.00682	0.76380	0.24196	0.00259	0.84068	0.26868	0.00263
0.75705	0.25643	0.00274	0.75392	0.24254	0.00682	0.74762	0.24138	0.00259	0.83429	0.26678	0.00260
0.75474	0.25642	0.00270	0.75111	0.24071	0.00681	0.74731	0.23962	0.00252	0.83243	0.26532	0.00256
0.74591	0.25226	0.00269	0.73855	0.23949	0.00666	0.73861	0.23940	0.00251	0.83135	0.26413	0.00252
IMSE		0.00000				0.000011				0.000015	
Best		1				2				3	



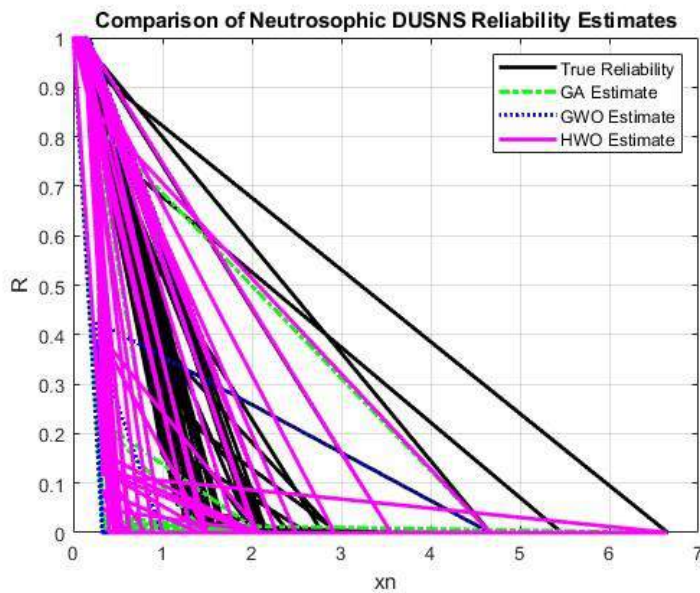
شكل (3-9) منحنى دالة معولية نظام CASCADE النيتروسوفيكية لتوزيع (DUS-DNS) لجميع طرائق التقدير عند حجم عينة (n=25) للتجربة الثالثة



شكل (3-10) منحنيات معولية نظام CASCADE النيتروسوفيكية لتوزيع (DUS-DNS) لجميع طرائق التقدير عند حجم عينة (n=50) للتجربة الثالثة



شكل (3-11) منحنيات معولية نظام CASCADE النيتروسوفيكية لتوزيع (DUS-DNS) لجميع طرائق التقدير عند حجم عينة (n=75) للتجربة الثالثة



شكل (3-12) منحنيات معولية نظام CASCADE النيتروسوفيكية لتوزيع (DUS-DNS) لجميع طرائق التقدير عند حجم عينة (n=100) للتجربة الثالثة

نلاحظ من الجدول (3-6) والاشكال (3-9) الى (3-12) :

5- عند حجم عينة $n=25$ ان افضل تقدير لمعولية نظام Cascade كان عند طريقة التقدير خوارزمية الذئب الرمادي (GWO) كونها حققت اقل قيم معيار المقارنة PIMSE والذي بلغ (0.00005) ونلاحظ ايضاً ان المعولية المقدره بهذه الطريقة اقرب للمعولية الحقيقية , تليها طريقة الحوت الأحذب بمتوسط مبيعات خطأ تكاملي مجمع (PIMSE) بلغ (0.00020), واخيراً كانت الخوارزمية الجينية (GA) بمتوسط مربعات خطأ تكاملي مجمع (PIMSE) بلغ (0.00089)

6- عند حجم عينة $n=50$ ان افضل تقدير لمعولية نظام Cascade كان عند طريقة التقدير خوارزمية الذئب الرمادي (GWO) كونها حققت اقل قيم معيار المقارنة PIMSE والذي بلغ (0.00003) ونلاحظ ايضاً ان المعولية المقدره بهذه الطريقة اقرب للمعولية الحقيقية , تليها طريقة الحوت الأحذب بمتوسط مبيعات خطأ تكاملي مجمع (PIMSE) بلغ (0.00004), واخيراً كانت الخوارزمية الجينية (GA) بمتوسط مربعات خطأ تكاملي مجمع (PIMSE) بلغ (0.00013)

7- عند حجم عينة $n=75$ ان افضل تقدير لمعولية نظام Cascade كان عند طريقة التقدير الخوارزمية الجينية (GA) كونها حققت اقل قيم معيار المقارنة PIMSE والذي بلغ (0.000001) ونلاحظ ايضاً ان المعولية المقدره بهذه الطريقة اقرب للمعولية الحقيقية , تليها طريقة الحوت الأحذب بمتوسط مبيعات خطأ تكاملي مجمع (PIMSE) بلغ (0.00004), واخيراً كانت خوارزمية الذئب الرمادي (GWO) بمتوسط مربعات خطأ تكاملي مجمع (PIMSE) بلغ (0.000016)

8- عند حجم عينة $n=100$ ان افضل تقدير لمعولية نظام Cascade كان عند طريقة التقدير الخوارزمية الجينية (GA) كونها حققت اقل قيم معيار المقارنة PIMSE والذي بلغ (0.000000) ونلاحظ ايضاً ان المعولية المقدره بهذه الطريقة اقرب للمعولية الحقيقية , تليها طريقة الحوت الأحذب بمتوسط مبيعات خطأ تكاملي مجمع (PIMSE) بلغ (0.000011), واخيراً كانت خوارزمية الذئب الرمادي (GWO) بمتوسط مربعات خطأ تكاملي مجمع (PIMSE) بلغ (0.000015)

الفصل الثالث ————— الجانب التجريبي

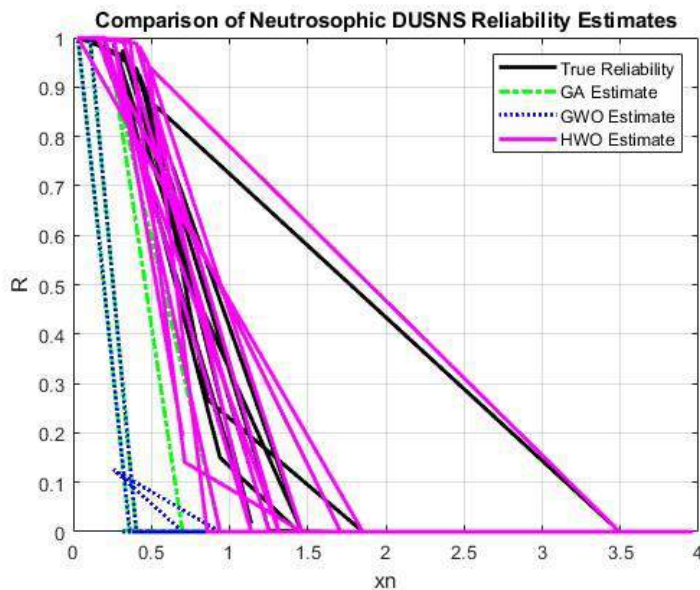
التجربة الرابعة:

جدول (3-7) تقدير معولية نظام Cascade ومتوسط مربعات الخطأ التكاملي المجمع لتوزيع (DUS-) (DNS) لجميع طرائق التقدير وعند كافة حجوم العينات للتجربة الرابعة

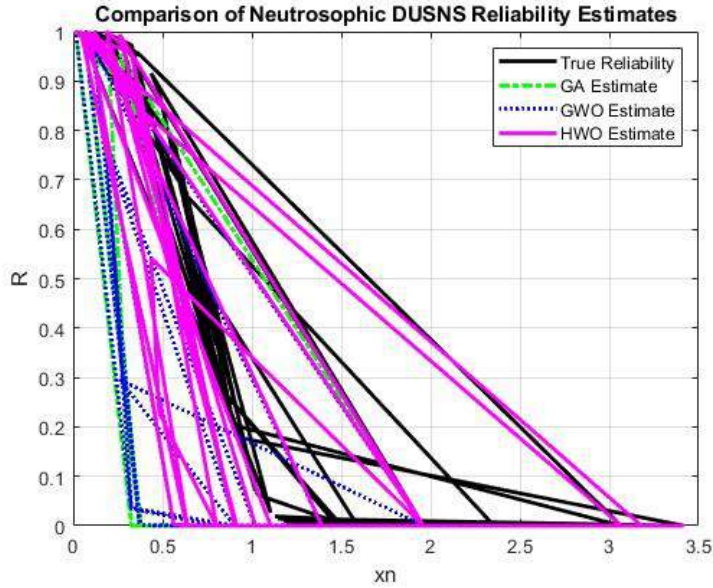
$Real_N$			R_{NGA}			R_{NHW0}			R_{NGW0}		
n=25											
T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F
0.99631	0.34534	0.00343	0.99502	0.35025	0.01288	0.99778	0.34439	0.00341	0.99719	0.34412	0.00343
0.98065	0.34333	0.00341	0.98392	0.34945	0.01229	0.99596	0.33764	0.00336	0.99608	0.33763	0.00340
0.98034	0.34269	0.00339	0.98307	0.34549	0.01208	0.99246	0.33706	0.00336	0.98868	0.33488	0.00338
0.89670	0.32448	0.00298	0.89178	0.32165	0.00863	0.90564	0.30354	0.00307	0.91743	0.30835	0.00313
0.87852	0.32298	0.00296	0.88753	0.32074	0.00856	0.90298	0.30336	0.00298	0.91048	0.30770	0.00310
0.73849	0.26898	0.00253	0.74003	0.27274	0.00640	0.81655	0.26551	0.00260	0.70136	0.26365	0.00240
0.72753	0.26862	0.00248	0.73328	0.27138	0.00632	0.80721	0.26376	0.00259	0.67648	0.26094	0.00239
0.53125	0.21908	0.00176	0.52936	0.22444	0.00351	0.69590	0.20987	0.00189	0.49259	0.20150	0.00171
0.52891	0.21622	0.00170	0.52847	0.21429	0.00339	0.68470	0.20896	0.00189	0.48836	0.20077	0.00167
0.30728	0.13775	0.00101	0.30164	0.13887	0.00104	0.48628	0.14418	0.00104	0.21538	0.13074	0.00093
IMSE			0.000998			0.000678			0.000881		
Best			3			1			2		
n=50											
T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F
0.98034	0.34269	0.00339	0.98868	0.33488	0.00338	0.98307	0.34549	0.01208	0.99246	0.33706	0.00336
0.87601	0.32128	0.00296	0.89763	0.30736	0.00308	0.88480	0.31893	0.00855	0.89608	0.29986	0.00295
0.86510	0.32031	0.00295	0.89423	0.29969	0.00306	0.86816	0.31860	0.00850	0.89443	0.29970	0.00290
0.77171	0.28818	0.00263	0.72282	0.27573	0.00261	0.77099	0.28717	0.00651	0.83019	0.27390	0.00267
0.75008	0.28208	0.00259	0.72150	0.26997	0.00260	0.75418	0.28636	0.00649	0.82390	0.27063	0.00266
0.68870	0.26296	0.00228	0.65190	0.24801	0.00226	0.68199	0.26201	0.00568	0.79471	0.25865	0.00243
0.67471	0.26115	0.00225	0.64529	0.24725	0.00221	0.68192	0.25911	0.00556	0.79413	0.25864	0.00243
0.58209	0.23858	0.00194	0.57352	0.22351	0.00190	0.58283	0.24208	0.00453	0.75556	0.24030	0.00217
0.45494	0.19783	0.00152	0.40431	0.18863	0.00158	0.44717	0.19387	0.00279	0.62768	0.19797	0.00163
0.31490	0.14532	0.00109	0.25508	0.13781	0.00097	0.31807	0.14892	0.00131	0.51111	0.15278	0.00108
IMSE			0.000678			0.000568			0.000653		
Best			3			1			2		
n=75											
T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F
0.97396	0.34141	0.00340	0.67753	0.34163	0.00330	0.99095	0.34016	0.00343	0.97807	0.33985	0.01151
0.96606	0.34081	0.00338	0.67700	0.33454	0.00330	0.98887	0.33247	0.00339	0.96902	0.33787	0.01146
0.95849	0.33948	0.00337	0.66597	0.33355	0.00329	0.98744	0.32886	0.00338	0.95941	0.33567	0.01132
0.85670	0.31888	0.00297	0.60398	0.30354	0.00305	0.90446	0.31288	0.00308	0.86125	0.31877	0.00807
0.85424	0.31593	0.00292	0.60298	0.29733	0.00303	0.90430	0.31239	0.00307	0.85629	0.31724	0.00807

الفصل الثالث ————— الجانب التجريبي

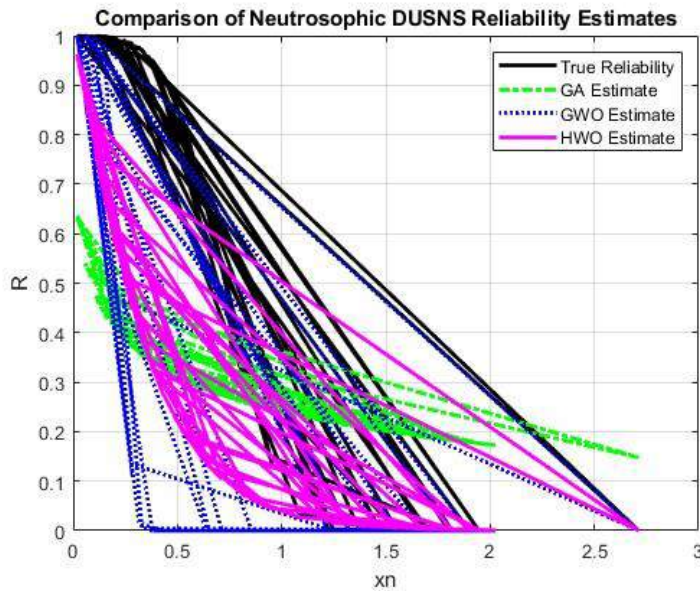
0.85215	0.31335	0.00288	0.59855	0.29491	0.00302	0.90319	0.31217	0.00307	0.85090	0.31555	0.00806
0.70127	0.26088	0.00206	0.40674	0.24823	0.00225	0.79055	0.26451	0.00242	0.69918	0.25612	0.00577
0.69534	0.26069	0.00205	0.39967	0.24678	0.00220	0.78506	0.26340	0.00241	0.69373	0.25606	0.00571
0.53018	0.22088	0.00177	0.23247	0.18857	0.00148	0.63866	0.20822	0.00164	0.53550	0.21992	0.00428
0.40302	0.18696	0.00141	0.11445	0.14809	0.00116	0.57987	0.17690	0.00142	0.40259	0.18847	0.00319
IMSE			0.000598			0.000562			0.000345		
Best			3			2			1		
n=100											
T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F
0.96036	0.33269	0.00340	0.79524	0.33529	0.00337	0.97320	0.33290	0.00341	0.95827	0.33244	0.01123
0.94932	0.33256	0.00336	0.76557	0.33512	0.00326	0.97197	0.33251	0.00340	0.95376	0.33240	0.01105
0.89716	0.30372	0.00309	0.76549	0.32503	0.00298	0.93363	0.31751	0.00329	0.90651	0.30533	0.00923
0.86948	0.30357	0.00309	0.68501	0.32502	0.00296	0.91539	0.31456	0.00328	0.86377	0.30452	0.00910
0.71276	0.25601	0.00266	0.66301	0.27547	0.00242	0.80315	0.28069	0.00268	0.71935	0.24974	0.00627
0.71260	0.24901	0.00265	0.66154	0.27322	0.00240	0.80264	0.27989	0.00267	0.70849	0.24868	0.00626
0.69385	0.24380	0.00262	0.64466	0.25864	0.00227	0.78400	0.27196	0.00246	0.69954	0.24288	0.00585
0.55104	0.21058	0.00230	0.51318	0.23099	0.00192	0.69192	0.21453	0.00203	0.55593	0.21248	0.00434
0.54192	0.20542	0.00226	0.49473	0.22847	0.00188	0.69061	0.21369	0.00198	0.53894	0.21168	0.00424
0.36695	0.15756	0.00154	0.33502	0.18329	0.00119	0.57827	0.16522	0.00144	0.36042	0.16186	0.00184
IMSE			0.000511			0.000455			0.000135		
Best			1			2			3		



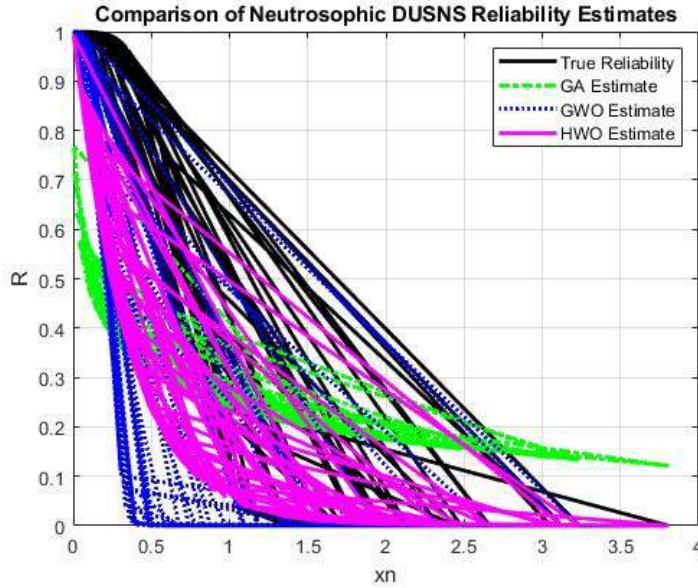
شكل (3-13) منحنى دالة معولية نظام Cascade النيتروسوفيكية لتوزيع (DUS-DNS) لجميع طرائق التقدير عند حجم عينة (n=25) للتجربة الرابعة



شكل (3-14) منحنيات معولية نظام Cascade النيتروسوفيكية لتوزيع (DUS-DNS) لجميع طرائق التقدير عند حجم عينة (n=50) للتجربة الرابعة



شكل (3-15) منحنيات معولية نظام Cascade النيتروسوفيكية لتوزيع (DUS-DNS) لجميع طرائق التقدير عند حجم عينة (n=75) للتجربة الرابعة



شكل (3-16) منحنيات معولية نظام Cascade النيتروسوفيكية لتوزيع (DUS-DNS) لجميع طرائق التقدير عند حجم عينة (n=100) للتجربة الرابعة

نلاحظ من الجدول (3-7) والاشكال (3-13) الى (3-16) :

1- عند حجم عينة n=25 ان افضل تقدير لمعولية نظام Cascade كان عند خوارزمية الحوت الأحدب (HWO) كونها حققت اقل قيم معيار المقارنة PIMSE والذي بلغ (0.000678) ونلاحظ ايضاً ان المعولية المقدرة بهذه الطريقة اقرب للمعولية الحقيقية , تليها خوارزمية الذئب الرمادي (GWO) بمتوسط مربعات خطأ تكاملي مجمع (PIMSE) بلغ (0.00088), واخيراً كانت الخوارزمية الجينية (GA) بمتوسط مربعات خطأ تكاملي مجمع (PIMSE) بلغ (0.000998)

2- عند حجم عينة n=50 ن افضل تقدير لمعولية نظام Cascade كان عند خوارزمية الحوت الأحدب (HWO) كونها حققت اقل قيم معيار المقارنة PIMSE والذي بلغ (0.000588) ونلاحظ ايضاً ان المعولية المقدرة بهذه الطريقة اقرب للمعولية الحقيقية , تليها خوارزمية الذئب الرمادي (GWO) بمتوسط مربعات خطأ تكاملي مجمع (PIMSE) بلغ (0.000653), واخيراً كانت الخوارزمية الجينية (GA) بمتوسط مربعات خطأ تكاملي مجمع (PIMSE) بلغ (0.000678)

الفصل الثالث — الجانب التجريبي

3- عند حجم عينة $n=75$ ان افضل تقدير لمعولية نظام Cascade كان عند خوارزمية الذئب الرمادي (GWO) كونها حققت اقل قيم معيار المقارنة PIMSE والذي بلغ (0.000345) ونلاحظ ايضاً ان المعولية المقدره بهذه الطريقة اقرب للمعولية الحقيقية , تليها طريقة الحوت الأحدث (HWO) بمتوسط مربعات خطأ تكاملي مجمع (PIMSE) بلغ (0.000588), واخيراً الخوارزمية الجينية (GA) كانت بمتوسط مربعات خطأ تكاملي مجمع (PIMSE) بلغ (0.000598)

4- عند حجم عينة $n=100$ ان افضل تقدير لمعولية نظام Cascade كان عند خوارزمية الذئب الرمادي (GWO) كونها حققت اقل قيم معيار المقارنة PIMSE والذي بلغ (0.000134) ونلاحظ ايضاً ان المعولية المقدره بهذه الطريقة اقرب للمعولية الحقيقية , تليها طريقة الحوت الأحدث (HWO) بمتوسط مربعات خطأ تكاملي مجمع (PIMSE) بلغ (0.000455), واخيراً الخوارزمية الجينية (GA) كانت بمتوسط مربعات خطأ تكاملي مجمع (PIMSE) بلغ (0.000511)

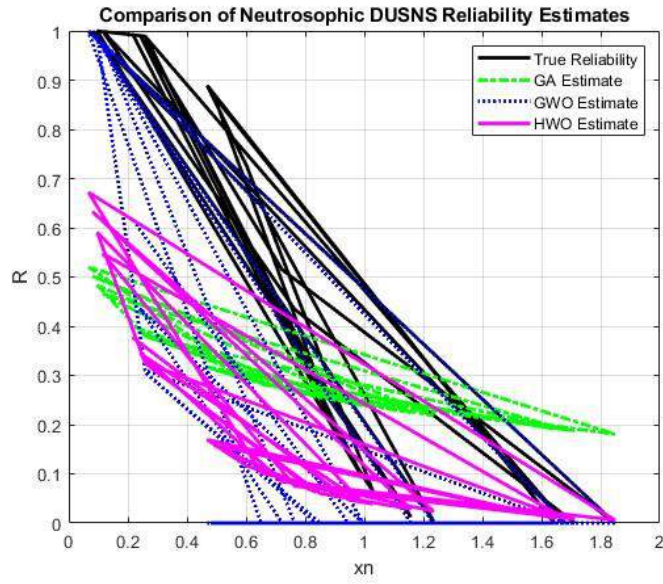
التجربة الخامسة:

جدول (3-8) تقدير معولية نظام Cascade ومتوسط مربعات الخطأ التكاملي المجمع لتوزيع (DUS-) (DNS) لجميع طرائق التقدير وعند كافة حجوم العينات للتجربة الخامسة

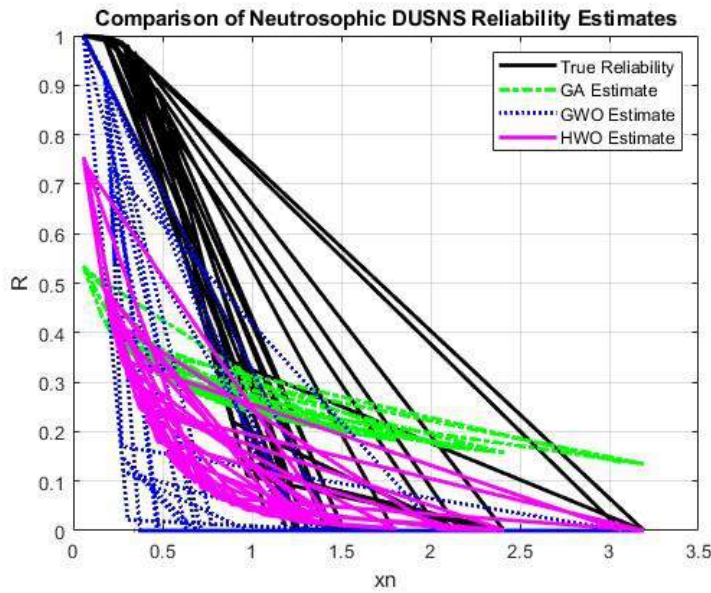
$Real_N$			R_{NGA}			R_{NHWO}			R_{NGWO}		
n=25											
T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F
0.99934	0.34386	0.00345	0.53961	0.28997	0.01211	0.69833	0.24268	0.00244	0.99599	0.34239	0.00342
0.98975	0.34111	0.00342	0.53633	0.27938	0.01155	0.69538	0.23828	0.00243	0.98267	0.34104	0.00340
0.89716	0.30372	0.00309	0.51651	0.25533	0.00923	0.63363	0.21751	0.00229	0.81549	0.32503	0.00298
0.86948	0.30357	0.00309	0.50377	0.26452	0.00910	0.51539	0.21456	0.00128	0.81501	0.32502	0.00296
0.73485	0.27052	0.00283	0.49934	0.21254	0.00732	0.50905	0.19100	0.00127	0.71993	0.29341	0.00259
0.73455	0.26689	0.00283	0.47404	0.11107	0.00710	0.47353	0.18889	0.00116	0.71315	0.29323	0.00256
0.73209	0.26563	0.00278	0.34958	0.10773	0.00647	0.42954	0.18884	0.00094	0.70745	0.28631	0.00255
0.63897	0.23234	0.00247	0.29791	0.10544	0.00523	0.35043	0.15428	0.00038	0.61776	0.25121	0.00220
0.62153	0.23197	0.00245	0.23255	0.10354	0.00519	0.11804	0.04480	0.00036	0.60389	0.24914	0.00216
0.49316	0.19325	0.00192	0.22740	0.10228	0.00321	0.01940	0.00261	0.00083	0.45456	0.20367	0.00163
IMSE			0.15683			0.11893			0.00992		
Best			3			2			1		
n=50											
T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F

الفصل الثالث ————— الجانب التجريبي

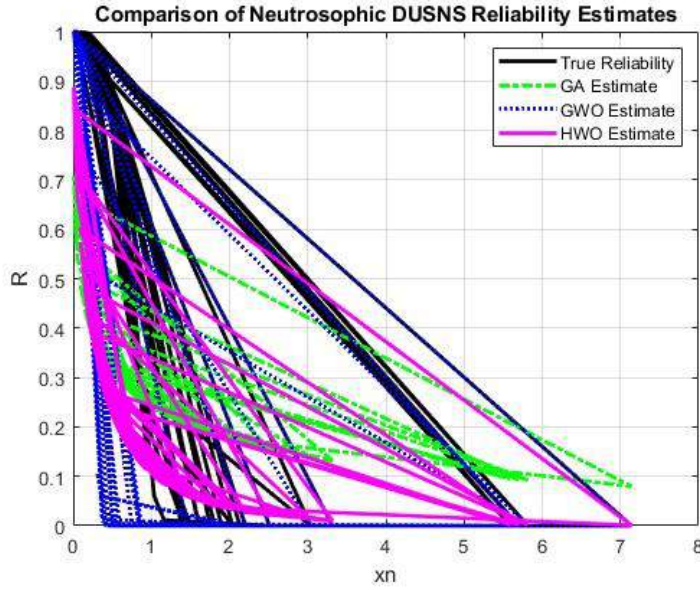
0.97985	0.32883	0.00332	0.54531	0.23024	0.01174	0.787484	0.21448	0.00228	0.95740	0.33798	0.00325
0.97783	0.32794	0.00331	0.53483	0.22867	0.01167	0.76953	0.12007	0.00228	0.92871	0.32935	0.00325
0.97692	0.32764	0.00328	0.52475	0.22683	0.01133	0.76744	0.11174	0.00127	0.90670	0.32871	0.00324
0.87529	0.30194	0.00306	0.47953	0.20348	0.00876	0.69221	0.09105	0.00109	0.83620	0.30644	0.00308
0.86546	0.29921	0.00304	0.46981	0.19973	0.00840	0.49126	0.08843	0.00106	0.81808	0.30303	0.00298
0.73452	0.26637	0.00260	0.42091	0.16844	0.00630	0.30745	0.06347	0.00105	0.67168	0.25478	0.00247
0.66109	0.22166	0.00224	0.34080	0.12329	0.00486	0.24983	0.04221	0.00104	0.57303	0.22912	0.00199
0.65366	0.22032	0.00222	0.32315	0.12252	0.00485	0.14857	0.02124	0.00101	0.54548	0.22607	0.00198
0.27998	0.13710	0.00101	0.24546	0.11502	0.00077	0.01113	0.01350	0.00011	0.15354	0.12208	0.00068
0.25716	0.13593	0.00100	0.22175	0.11491	0.00058	0.00694	0.01073	0.00001	0.15027	0.12189	0.00067
IMSE			0.14334			0.10564			0.00781		
Best			3			2			1		
n=75											
T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F
0.97687	0.34170	0.00337	0.52778	0.25147	0.01143	0.78156	0.22434	0.00299	0.95281	0.34150	0.00338
0.93437	0.32778	0.00313	0.51399	0.24729	0.00675	0.77405	0.21215	0.00298	0.89413	0.32810	0.00313
0.86693	0.28212	0.00292	0.50153	0.23524	0.00597	0.76197	0.21203	0.00286	0.77539	0.30782	0.00267
0.70648	0.24820	0.00235	0.49414	0.23261	0.00487	0.65681	0.20845	0.00230	0.57905	0.25618	0.00210
0.69391	0.24380	0.00233	0.44336	0.22359	0.00479	0.64483	0.19394	0.00226	0.56477	0.25517	0.00209
0.68887	0.24213	0.00233	0.43492	0.22176	0.00473	0.63313	0.19109	0.00222	0.54956	0.25001	0.00208
0.46701	0.19716	0.00169	0.38839	0.1670	0.00294	0.59773	0.18026	0.00155	0.34409	0.18919	0.00147
0.25713	0.13012	0.00098	0.35175	0.15230	0.00034	0.47006	0.13461	0.00087	0.20624	0.11894	0.00068
0.24508	0.12936	0.00097	0.33502	0.12211	0.00030	0.23516	0.11690	0.00087	0.18264	0.11791	0.00067
0.23450	0.12664	0.00088	0.32660	0.11091	0.00025	0.21366	0.11570	0.00085	0.14967	0.11523	0.00060
IMSE			0.14119			0.10432			0.00563		
Best			3			2			1		
n=100											
T	I	F	T	I	F	T	I	F	T	I	F
0.97263	0.33496	0.00334	0.51936	0.24093	0.01148	0.77912	0.34296	0.00339	0.95258	0.34037	0.00328
0.84017	0.31072	0.00318	0.48179	0.21075	0.00928	0.76747	0.32233	0.00321	0.88993	0.30603	0.00299
0.82281	0.31021	0.00318	0.46859	0.20830	0.00925	0.67910	0.32185	0.00318	0.88912	0.30517	0.00298
0.74236	0.28808	0.00293	0.44045	0.14987	0.00775	0.66109	0.28309	0.00288	0.77021	0.28453	0.00275
0.73778	0.28553	0.00287	0.43732	0.13978	0.00774	0.65788	0.28219	0.00287	0.76779	0.28291	0.00273
0.58332	0.23765	0.00233	0.38975	0.11772	0.00548	0.571278	0.23709	0.00214	0.51577	0.22777	0.00213
0.43232	0.18729	0.00181	0.34100	0.11050	0.00362	0.53315	0.19287	0.00158	0.34192	0.18752	0.00144
0.30631	0.14021	0.00099	0.29854	0.10059	0.00115	0.48322	0.13590	0.00113	0.15885	0.14022	0.00076
0.28834	0.13630	0.00099	0.28665	0.10002	0.00110	0.34012	0.13434	0.00108	0.15338	0.13724	0.00076
0.27931	0.13217	0.00097	0.23043	0.10001	0.00038	0.236864	0.12575	0.00107	0.14157	0.12422	0.00071
IMSE			0.1045			0.1022			0.00214		
Best			3			2			1		



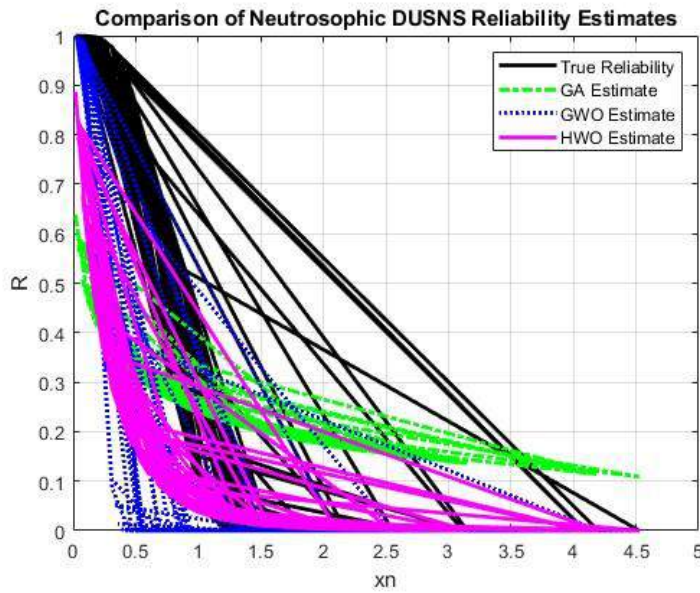
شكل (3-17) منحنى دالة معولية نظام Cascade النيتروسوفيكية لتوزيع (DUS-DNS) لجميع طرائق التقدير عند حجم عينة (n=25) للتجربة الخامسة



شكل (3-18) منحنيات معولية نظام Cascade النيتروسوفيكية لتوزيع (DUS-DNS) لجميع طرائق التقدير عند حجم عينة (n=50) للتجربة الخامسة



شكل (3-19) منحنيات معولية نظام Cascade النيتروسوفيكية لتوزيع (DUS-DNS) لجميع طرائق التقدير عند حجم عينة (n=75) للتجربة الخامسة



شكل (3-20) منحنيات معولية نظام Cascade النيتروسوفيكية لتوزيع (DUS-DNS) لجميع طرائق التقدير عند حجم عينة (n=100) للتجربة الخامسة

نلاحظ من الجدول (3-8) والاشكال (3-17) الى (3-20) وعند جميع احجام العينات ان افضل تقدير لمعولية نظام Cascade كانت خوارزمية الذئب الرمادي (GWO) عند كونها حققت اقل قيم معيار

الفصل الثالث — الجانب التجريبي

المقارنة PIMSE والذي بلغ (0.00992, 0.00781, 0.00563, 0.00214) على التوالي . ونلاحظ ايضاً ان المعولية المقدرة بهذه الطريقة اقرب للمعولية الحقيقية , تليها خوارزمية الحوت الأحدب (HWO) بمتوسط مربعات خطأ تكاملي مجمع (PIMSE) بلغ (0.11893, 0.00992, 0.10564, 0.10432, 0.1022) على التوالي, واخيراً كانت الخوارزمية الجينية (GA) بمتوسط مربعات خطأ تكاملي مجمع (PIMSE) بلغ (0.15683, 0.14334, 0.14119, 0.1043) على التوالي.

ولغرض بيان افضل حوارزمية في تقدير معولية نظام Cascade النيتروسوفيكية لتوزيع (DUS-DNS) , الجدول (3-9) يبين نتائج الافضلية وعدد مرات الافضلية لكل خوارزمية وحسب احجام العينات.

جدول (3-9) نتائج الافضلية وعدد مرات الافضلية لكل خوارزمية وحسب احجام العينات

n	25	50	75	100	Performance No.	Performance ratio
Method						
GA	0	0	1	2	3	%15
HWO	3	2	1	1	7	%35
GWO	2	3	3	2	10	%50

نلاحظ من خلال جدول (3-9) ان افضل خورزمية تقدير معولية نظام Cascade النيتروسوفيكية لتوزيع (DUS-DNS) كانت خوارزمية الذئب الرمادي بنسبة افضلية بلغت (50%) وبعدد مرات افضلية (10) مرات من جميع تجارب المحاكاة البالغة (20) مرة في خمس تجارب محاكاة وكانت هذه الخوارزمية لها افضلية عند كافة احجام العينات وكانت اعلى عدد مرات افضلية لها عند حجم عينة (50 و 75) بنفس عدد مرات الافضلية البالغة (2) وعند احجام العينات (25 و 100) بعدد مرات افضلية بلغ (2) مرة . تليها خوارزمية الحوت الأحدب بنسبة افضلية بلغت (35%) بعدد مرات افضلية بلغ (7) مرات من بين جميع تجارب المحاكاة , ونلاحظ ان هذه الطريقة كانت هي

الفصل الثالث _____ الجانب التجريبي

الأفضل عند أحجام العينات (25) بأعلى عدد مرات أفضلية بلغت (3) مرة , وعند حجم عينة (50) بلغت عدد مرات الأفضلية (2) مرة. وأخيرات كانت الخوارزمية الجينية بنسبة أفضلية بلغت (15%) وهي أقل نسبة أفضلية بعدد مرات أفضلية بلغ (7) مرة .

الفصل الرابع

الجانب التطبيقي

تمهيد (Preface)

تم في هذا الفصل استعمال البيانات الحقيقية لتقدير دالة معولية نظام Cascade إذ تم اختيار الشركة العامة لصناعة الأسمدة مكاناً لجمع البيانات الخاصة بالدراسة , وقد تم الحصول على نتائج التطبيق العملي لنظام Cascade بالاعتماد على برنامج الماتلاب () من قبل الباحث والبينه في الملحق [] .

4.1 نبذة عن الشركة العامة لتصنيع الحبوب:

هي احدى الشركات الصناعية والانتاجية والتسويقية التابعة الى وزارة التجارة اسست بموجب قانون رقم (35) لسنة 1990 لوزارة التجارة ؛ يتولى ادارة الشركة مجلس ادارة يتراسها مدير عام الشركة ويتم تعيين اعضاءه الاصليين والاحتياط بموجب احكام قانون الشركات رقم (22) لسنة 1997 المعدل ومجلس الادارة هو السلطة العليا للشركة ويتولى وضع السياسة العامة لها ضمن خطة الوزارة . تمتلك الشركة (18) فرعا في العراق والمركز العام في بغداد (مدخل مدينة الحرية) ولها (19) مصنعا منها (17) مصنعا لانتاج الطحين موزعة على جميع المحافظات وهي مطحنة الدورة -بغداد ومطحنة التاجي - بغداد و مطحنة الرصافة - بغداد ومطحنة المقداد - بغداد ومطحنة كركوك - كركوك ومطحنة ديالى - ديالى و مطحنة صلاح الدين- صلاح الدين (تعرضت للتخريب من قبل عصابات داعش-10) (مطحنة الانبار -) (تعرضت للتخريب من قبل عصابات داعش) ومطحنة بابل-بابل ومطحنة المتنبى-واسط ومطحنة الحسين-كربلاء المقدسة ومطحنة النجف-النجف الاشرف ومطحنة الديوانية - الديوانية ومطحنة ميسان-ميسان (تعرضت لحادث حريق) ومطحنة سومر- ذي قار ومطحنة السماوة- المثنى ومطحنة الفراهيدي-البصرة. تهدف الشركة الى المساهمة في دعم الاقتصاد الوطني في مجال انتاج وتوزيع الطحين والاشراف على انتاج الخبز والصمون وفق خطط التنمية والقرارات التخطيطية؛ اضافة الى تامين اسعار الخبز والصمون في السوق المحلية بأعتبار ان الغذاء حاجة مقدسة.

4.2 البيانات التطبيقية (Applied data)

تم الحصول على بيانات تخمينية لسياسة الفحص والعطل من قبل خبراء في الشركة العامة لطحن الحبوب وذلك من خلال الاستعانة بالخبراء في الشركة للحصول على بيانات تتعلق باوقات عطل مكائن الطحن وتم الحصول على بيانات تمثل عدد ايام عطل ثلاثة مكائن لطحن الحبوب في سايلو كربلاء لكل ماكينة (25) قياس ويكون المجموع الكلي للقياسات (75) مشاهدة والجدول (1-4) يتكون من الحد الادنى (XL) للشك في العطل ووقت العطل بالايام والحد الاعلى (Xu) للشك في العطل وتم

الفصل الرابع — الجانب التطبيقي

تحويل الاوقات الى ساعة بقسمة كل عمود على (24) ساعة وبذلك تم الحصول على اوقلت العطل بالساعات الحد الادنى والحد الاعلى ايضا.

جدول (4-1) اوقات تشغيل ماكنات طحن الحبوب في الشركة العامة لطحن الحبوب

X_L day	X day	X_U day	X_L Hours	X Hours	X_U Hours
20	381	62	0.8	15.9	2.6
33	446	84	1.4	18.6	3.5
49	192	63	2.0	8.0	2.6
10	240	83	0.4	10.0	3.5
37	307	98	1.5	12.8	4.1
0	471	0	0.0	19.6	0.0
28	431	94	1.2	18.0	3.9
49	371	99	2.0	15.5	4.1
47	425	76	2.0	17.7	3.2
29	210	94	1.2	8.8	3.9
14	396	71	0.6	16.5	3.0
36	300	89	1.5	12.5	3.7
9	375	86	0.4	15.6	3.6
29	451	62	1.2	18.8	2.6
0	445	0	0.0	18.5	0.0
13	447	95	0.5	18.6	4.0
28	260	62	1.2	10.8	2.6
29	404	89	1.2	16.8	3.7
15	156	65	0.6	6.5	2.7
49	487	70	2.0	20.3	2.9
10	424	85	0.4	17.7	3.5
29	364	89	1.2	15.2	3.7
46	326	74	1.9	13.6	3.1
4	432	96	0.2	18.0	4.0
35	330	99	1.5	13.8	4.1
0	172	0	0.0	7.2	0.0
11	176	71	0.5	7.3	3.0
2	230	69	0.1	9.6	2.9
39	446	74	1.6	18.6	3.1
7	177	95	0.3	7.4	4.0
48	305	87	2.0	12.7	3.6
22	191	75	0.9	8.0	3.1

22	463	93	0.9	19.3	3.9
32	293	67	1.3	12.2	2.8
24	482	94	1.0	20.1	3.9
0	387	0	0.0	16.1	0.0
0	150	0	0.0	6.3	0.0
3	234	81	0.1	9.8	3.4
15	217	97	0.6	9.0	4.0
25	216	85	1.0	9.0	3.5
0	363	60	0.0	15.1	2.5
38	351	76	1.6	14.6	3.2
39	306	93	1.6	12.8	3.9
2	244	91	0.1	10.2	3.8
40	454	56	1.7	18.9	2.3
0	293	93	0.0	12.2	3.9
7	229	92	0.3	9.5	3.8
17	168	75	0.7	7.0	3.1
0	224	0	0.0	9.3	0.0
46	232	87	1.9	9.7	3.6
34	445	91	1.4	18.5	3.8
0	383	0	0.0	16.0	0.0
40	455	76	1.7	19.0	3.2
42	391	68	1.8	16.3	2.8
8	267	63	0.3	11.1	2.6
22	413	93	0.9	17.2	3.9
26	265	62	1.1	11.0	2.6
43	242	95	1.8	10.1	4.0
0	251	0	0.0	10.5	0.0
27	276	71	1.1	11.5	3.0
5	255	68	0.2	10.6	2.8
37	248	61	1.5	10.3	2.5
37	343	71	1.5	14.3	3.0
39	483	89	1.6	20.1	3.7
27	190	90	1.1	7.9	3.8
49	375	90	2.0	15.6	3.8
47	370	91	2.0	15.4	3.8
40	309	92	1.7	12.9	3.8
15	442	83	0.6	18.4	3.5
17	465	77	0.7	19.4	3.2
22	258	84	0.9	10.8	3.5

44	222	88	1.8	9.3	3.7
30	487	60	1.3	20.3	2.5
30	253	76	1.3	10.5	3.2
8	440	98	0.3	18.3	4.1

4.3 اختبار البيانات (Data test)

تم استعمال اختبار (Kolmogorov-Smirnov) لغرض اختبار بيانات اوقات الفشل من كونها تتبع توزيع (DUS-DNS) ام لا لغرض اختبار الفرضية الاتية:

H_0 : The data have (DUS-DNS)

H_1 : The data don't have (DUS-DNS)

وكانت نتائج الاختبار كما في الجدول (4-2) الاتي:

جدول (4-2) نتائج اختبار ملائمة البيانات

Distribution	Statistic	Sig.	Decision
DUS-DNS	0.967	0.2704	Accept H_0

من جدول (4-2) نلاحظ ان قيمة Sig. البالغة (0.2704) اكبر من مستوى المعنوية ولذلك لانرفض فرضية العدم اي ان البيانات تتوزع وفقاً لتوزيع (DUS-DNS).

4.4 ايجاد وقت الفشل النيتروسوفيكي (Nerosopic variable)

تم ايجاد المتغير العشوائي النيتروسوفيكي مكون م ثلاث ارقام هي درجة الصحة T ودرجة عدم الصحة F ودرجة الحياد I ويتم ايجاد هذه القيم باستعمال المعادلات الاتية :

$$T = \frac{X_{Hours} - X_{LHours}}{X_{Hours} + X_{LHours}} \quad \dots (4-1)$$

$$I = \frac{X_{UHours} - X_{LHours}}{X_{Hours} + X_{LHours} + X_{UHours}} \quad \dots (4-2)$$

$$F = \frac{Hours - X_{UHours}}{X_{Hours} + X_{UHours}} \quad \dots (4-3)$$

وتكون نتائج المتغير العشوائي النيتروسوفيكي كما في جدول (4-3) الاتي:

الفصل الرابع ————— الجانب التطبيقي

جدول (4-3) اوقات تشغيل النيتروسوفيكية ماكنات طحن الحبوب في الشركة العامة لطحن الحبوب

T	I	F
0.81490	0.09071	0.79551
0.77925	0.09059	0.75574
0.56078	0.04605	0.53527
0.71207	0.21922	0.62800
0.66667	0.13801	0.60756
1.00000	0.00000	1.00000
0.76762	0.11935	0.73420
0.68511	0.09634	0.64762
0.75449	0.05292	0.73941
0.59539	0.19520	0.48536
0.81799	0.11850	0.79268
0.67866	0.12471	0.62798
0.79393	0.16383	0.75260
0.82261	0.06089	0.81042
1.00000	0.00000	1.00000
0.80074	0.14775	0.76522
0.72050	0.09714	0.68750
0.76065	0.11494	0.72748
0.63801	0.21186	0.53216
0.78636	0.03465	0.77799
0.81336	0.14451	0.78111
0.73951	0.12448	0.69975
0.70000	0.06278	0.67742
0.81061	0.17293	0.77064
0.68765	0.13793	0.63288
1.00000	0.00000	1.00000
0.66802	0.23256	0.56150
0.76254	0.22259	0.69397
0.78269	0.06261	0.76701
0.62500	0.31541	0.44565
0.65561	0.08864	0.61756
0.63534	0.18403	s0.54460
0.79317	0.12284	0.76289
0.72500	0.08929	0.69538
0.79514	0.11667	0.76680
1.00000	0.00000	1.00000

1.00000	0.00000	1.00000
0.73333	0.24528	0.64557
0.64331	0.24924	0.51724
0.63455	0.18405	0.54357
0.85816	0.14184	0.83471
0.73302	0.08172	0.70694
0.66917	0.12329	0.61739
0.72239	0.26409	0.62195
0.81176	0.02909	0.80567
0.75907	0.24093	0.68259
0.69159	0.25915	0.58051
0.62140	0.22308	0.50270
1.00000	0.00000	1.00000
0.58307	0.11233	0.52158
0.76679	0.10000	0.73904
1.00000	0.00000	1.00000
0.78154	0.06305	0.76566
0.76035	0.05190	0.74596
0.78485	0.16272	0.74182
0.77273	0.13447	0.73563
0.73089	0.10198	0.69759
0.59050	0.13684	0.51579
1.00000	0.00000	1.00000
0.71758	0.11765	0.67657
0.77399	0.19207	0.71923
0.68285	0.06936	0.65614
0.73913	0.07539	0.71579
0.77622	0.08183	0.75479
0.58214	0.20521	0.46083
0.70108	0.07977	0.67217
0.70065	0.08661	0.66906
0.67082	0.11791	0.62178
0.81333	0.12593	0.78556
0.82657	0.10733	0.80498
0.69006	0.17033	0.62143
0.57419	0.12429	0.50376
0.83547	0.05199	0.82592
0.67781	0.12813	0.62544
0.80297	0.16484	0.76339

4.5 تحليل البيانات الحقيقية (Data Analysis)

اظهرت نتائج الجانب التجريبي افضلية خوارزمية الذئب الرمادي عند كافة احجام العينات , وفي الجانب التطبيقي تبين البيانات المستعملة ثلاثم التوزيع **DUS-DNS** المدروس لذلك سيتم تطبيق هذه الخوارزمية لايجاد المعولية النيتروسوفيكية الخاصة بنظام ماكنات طحن الحبوب لغرض دراسة السلوك الحقيقي لهذة المكائى وتقدير معوليتها , وكانت النتائج كما في الجدول (4-4)

جدول (4-4) نتائج تقدير المعولية النيتروسوفيكية الحدية الاولى $R_{(1)}$ وفقاً لخوارزمية الذئب الرمادي

T_{Real}	I_{Real}	F_{Real}	T_{Gwo}	I_{Gwo}	F_{Gwo}
0.41000	0.54533	0.44067	0.23715	0.31070	0.44333
0.49000	0.54538	0.41022	0.23723	0.31075	0.41295
0.51000	0.54703	0.41003	0.23992	0.31233	0.41280
0.52999	0.55727	0.39976	0.25694	0.32229	0.40779
0.55978	0.56138	0.38966	0.26392	0.32633	0.37625
0.56998	0.56795	0.35663	0.27526	0.33285	0.36338
0.68971	0.57030	0.32133	0.27938	0.33521	0.34257
0.71832	0.58055	0.31000	0.29759	0.34556	0.33504
0.72792	0.58890	0.29060	0.31279	0.35412	0.30192
0.73417	0.59372	0.26067	0.32169	0.35912	0.27450
0.73712	0.59624	0.26000	0.32638	0.36174	0.25851
0.75759	0.62477	0.24562	0.38121	0.39224	0.25012
0.78677	0.65019	0.17056	0.43227	0.42062	0.15325
0.79503	0.66147	0.08905	0.45543	0.43359	0.06501
0.81151	0.66867	0.05467	0.47034	0.44199	0.02556
0.82614	0.72411	0.00067	0.58695	0.51014	0.00033
0.83471	0.73144	0.00000	0.60238	0.51961	0.00000
0.84030	0.79031	0.00000	0.72341	0.60027	0.00000
0.84719	0.82225	0.00000	0.78495	0.64773	0.00000
0.85109	0.85583	0.00000	0.84465	0.70086	0.00000
0.85612	0.86385	0.00000	0.85799	0.71411	0.00000
0.85637	0.87246	0.00000	0.92941	0.79977	0.00000
0.85724	0.88299	0.00000	0.95040	0.83316	0.00000

جدول (4-5) نتائج تقدير المعولية اليتروسوفيكية الحدية الثانية R_2 وفقاً لخوارزمية الذئب الرمادي

T_{Real}	I_{Real}	F_{Real}	T_{GWO}	I_{GWO}	F_{GWO}
0.01289	0.01488	0.04657	0.00333	0.08082	0.00000
0.01281	0.01466	0.04600	0.00331	0.08070	0.00000
0.01233	0.01346	0.03946	0.00283	0.07767	0.00000
0.01210	0.01289	0.03878	0.00256	0.07585	0.00000
0.01197	0.01256	0.03594	0.00245	0.07506	0.00000
0.01187	0.01229	0.03309	0.00233	0.07417	0.00000
0.01122	0.01058	0.02618	0.00217	0.07292	0.00000
0.01083	0.00953	0.01395	0.00202	0.07166	0.00000
0.01014	0.00760	0.00357	0.00191	0.07071	0.00000
0.00973	0.00641	0.00200	0.00129	0.06463	0.00000
0.00953	0.00580	0.00175	0.00118	0.06333	0.00000
0.00888	0.00382	0.00163	0.00115	0.06293	0.00000
0.00862	0.00301	0.00047	0.00115	0.06290	0.00000
0.00723	0.00236	0.00027	0.00115	0.06289	0.00000
0.00723	0.00226	0.00194	0.00073	0.05681	0.00000
0.00706	0.00225	0.0041	0.00044	0.05100	0.00000
0.00649	0.00213	0.00000	0.00044	0.05086	0.00000
0.00609	0.00186	0.00000	0.00040	0.04978	0.00000
0.00601	0.00167	0.00000	0.00023	0.04440	0.00000
0.00592	0.00123	0.00000	0.00013	0.03966	0.00000
0.00529	0.00012	0.00000	0.00013	0.03942	0.00000
0.00455	0.00011	0.00000	0.00002	0.02829	0.00000
0.00434	0.00001	0.00000	0.00001	0.02292	0.00000

جدول (4-6) نتائج تقدير معولية النظام اليتروسوفيكية R_2 وفقاً لخوارزمية الذئب الرمادي

T_{Real}	I_{Real}	F_{Real}	T_{GWO}	I_{GWO}	F_{GWO}
0.42289	0.56021	0.48724	0.24048	0.39152	0.44333
0.50281	0.56004	0.45622	0.24054	0.39145	0.41295
0.52233	0.56049	0.44949	0.24275	0.39000	0.41280
0.54209	0.57016	0.43854	0.25950	0.39814	0.40779
0.57175	0.57394	0.42560	0.26637	0.40139	0.37625
0.58185	0.58024	0.38972	0.27759	0.40702	0.36338
0.70093	0.58088	0.34751	0.28155	0.40813	0.34257
0.72915	0.59008	0.32395	0.29961	0.41722	0.33504
0.73806	0.59650	0.29417	0.31470	0.42483	0.30192

0.74390	0.60013	0.26267	0.32298	0.42375	0.27450
0.74665	0.60204	0.26175	0.32756	0.42507	0.25851
0.76647	0.62859	0.24725	0.38236	0.45517	0.25012
0.79539	0.65320	0.17103	0.43342	0.48352	0.15325
0.80226	0.66383	0.08932	0.45658	0.49648	0.06501
0.81874	0.67093	0.05661	0.47107	0.49880	0.02556
0.83320	0.72636	0.00477	0.58739	0.56114	0.00033
0.84120	0.73357	0.00000	0.60282	0.57047	0.00000
0.84639	0.79217	0.00000	0.72381	0.65005	0.00000
0.85320	0.82392	0.00000	0.78518	0.69213	0.00000
0.85701	0.85706	0.00000	0.84478	0.74052	0.00000
0.86141	0.86397	0.00000	0.85812	0.75353	0.00000
0.86092	0.87257	0.00000	0.92943	0.82806	0.00000
0.86158	0.88300	0.00000	0.95041	0.85608	0.00000

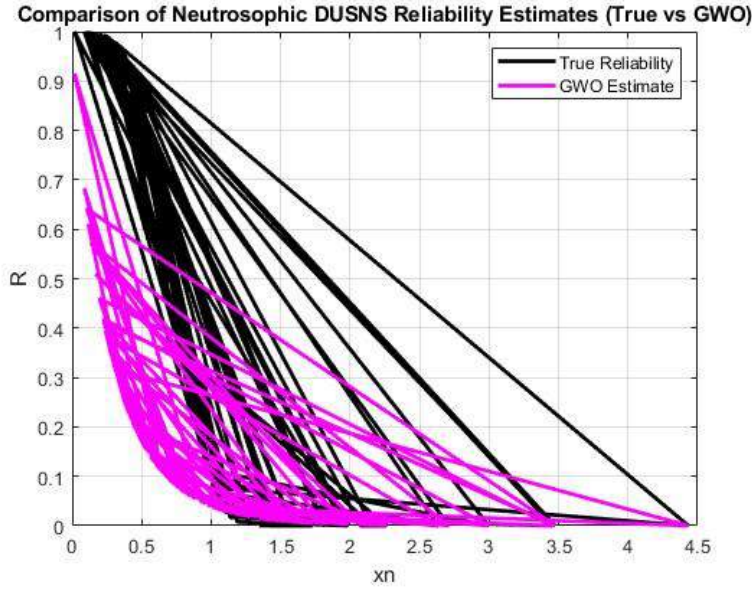
جدول (4-7) نتائج تقدير المعولية اليتروسوفيكية الحديدية الثالثة $R_{(3)}$ وفقاً لخوارزمية الذئب الرمادي

T_{Real}	I_{Real}	F_{Real}	T_{GWO}	I_{GWO}	F_{GWO}
0.00000	0.22200	0.23441	0.00003	0.30115	0.00000
0.00000	0.22165	0.22217	0.00001	0.29776	0.00000
0.00000	0.22040	0.15472	0.00001	0.29762	0.00000
0.00000	0.21679	0.12842	0.00001	0.29609	0.00000
0.00000	0.21574	0.12145	0.00000	0.29234	0.00000
0.00000	0.21468	0.12060	0.00000	0.29110	0.00000
0.00000	0.21136	0.11605	0.00000	0.29064	0.00000
0.00000	0.21095	0.10025	0.00000	0.29012	0.00000
0.00000	0.21051	0.09325	0.00000	0.28838	0.00000
0.00000	0.21043	0.08441	0.00000	0.28829	0.00000
0.00000	0.20914	0.07693	0.00000	0.28654	0.00000
0.00000	0.20904	0.06654	0.00000	0.28493	0.00000
0.00000	0.20647	0.06616	0.00000	0.28386	0.00000
0.00000	0.20465	0.06105	0.00000	0.28367	0.00000
0.00000	0.20253	0.06070	0.00000	0.28329	0.00000
0.00000	0.20088	0.05896	0.00000	0.28107	0.00000
0.00000	0.19722	0.05735	0.00000	0.28035	0.00000
0.00000	0.19619	0.04451	0.00000	0.27712	0.00000
0.00000	0.09600	0.04044	0.00000	0.27617	0.00000
0.00000	0.09443	0.03650	0.00000	0.25565	0.00000
0.00000	0.08870	0.02308	0.00000	0.24038	0.00000

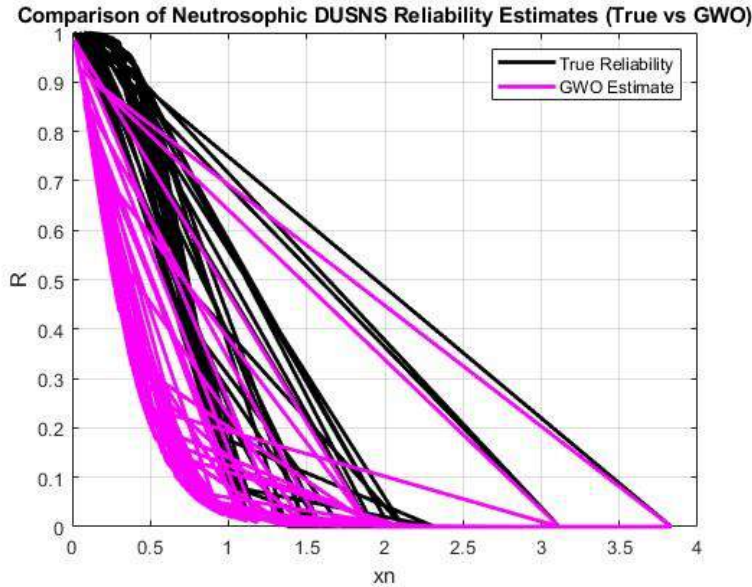
0.00000	0.07505	0.01854	0.00000	0.16699	0.00000
0.00000	0.07271	0.01726	0.00000	0.12973	0.00000

جدول (4-8) نتائج تقدير معولية النظام اليتروسوفيكية R_3 وفقاً لخوارزمية الذئب الرمادي

T_{Real}	I_{Real}	F_{Real}	T_{GWO}	I_{GWO}	F_{GWO}
0.42289	0.78221	0.72165	0.24051	0.69267	0.44333
0.50281	0.78169	0.67839	0.24055	0.68921	0.41295
0.52233	0.78089	0.60421	0.24276	0.68762	0.41280
0.54209	0.78695	0.56696	0.25951	0.69423	0.40779
0.57175	0.78968	0.54705	0.26637	0.69373	0.37625
0.58185	0.79492	0.51032	0.27759	0.69812	0.36338
0.70093	0.79224	0.46356	0.28155	0.69877	0.34257
0.72915	0.80103	0.42420	0.29961	0.70734	0.33504
0.73806	0.80701	0.38742	0.31470	0.71321	0.30192
0.74390	0.81056	0.34708	0.32298	0.71204	0.27450
0.74665	0.81118	0.33868	0.32756	0.71161	0.25851
0.76647	0.83763	0.31379	0.38236	0.74010	0.25012
0.79539	0.85967	0.23719	0.43342	0.76738	0.15325
0.80226	0.86848	0.15037	0.45658	0.78015	0.06501
0.81874	0.87346	0.11731	0.47107	0.78209	0.02556
0.83320	0.92724	0.06373	0.58739	0.84221	0.00033
0.84120	0.93079	0.05735	0.60282	0.85082	0.00000
0.84639	0.98836	0.04451	0.72381	0.92717	0.00000
0.85320	0.91992	0.04044	0.78518	0.96830	0.00000
0.85701	0.95149	0.03650	0.84478	0.99617	0.00000
0.86141	0.95267	0.02308	0.85812	0.99391	0.00000
0.86092	0.94762	0.01854	0.92943	0.99505	0.00000
0.86158	0.95571	0.01726	0.95041	0.98581	0.00000



شكل (4-1) منحنى دالة المعولية اليتروسوفيكية للنظام R_2 وفقاً لخوارزمية الذئب الرمادي للبيانات الحقيقية



شكل (4-2) منحنى دالة المعولية اليتروسوفيكية للنظام R_3 وفقاً لخوارزمية الذئب الرمادي للبيانات الحقيقية

من جدول (3-1) أن معولية النظام R_2 تزداد مع زيادة الزمن وان درجة الصواب لمعولية النظام R_2 تتزايد , ودرجة الحياد تتناقص , بينما درجة الخطأ تتناقص . وكذلك المعولية الحدية $R_{(1)}$ تزداد كذلك

الفصل الرابع ————— الجانب التطبيقي

, وان درجة الصواب للمعولية الحدية $R_{(1)}$ تتزايد , ودرجة الحياد تتناقص , بينما درجة الخطأ تتناقص , بينما المعولية الحدية $R_{(2)}$ درجة الصواب لها يتناقص , ودرجة الحياد يتناقص , ودرجة الخطأ تتناقص. في كل الحالات درجة الخطأ تتناقص. وأن معولية النظام R_3 تزداد مع زيادة الزمن وان درجة الصواب لمعولية النظام R_3 تتزايد , ودرجة الحياد تتناقص , بينما درجة الخطأ تتناقص . وكذلك المعولية الحدية $R_{(3)}$ تتناقص كذلك , وان درجة الصواب للمعولية الحدية $R_{(3)}$ تتناقص , ودرجة الحياد تتزايد , بينما درجة الخطأ تتناقص . فان النظام يعمل باعلى درجة صواب للمعولية تبلغ (0.95041) ودرجة حياد تبلغ (0.98581) ومقدار خطأ مساوي للصفر.

الفصل الخامس

الاستنتاجات والتوصيات

5.1 الإستنتاجات (Conclusions)

من خلال النتائج التي تم التوصل اليها في الجانبين التجريبي والتطبيقي تم التوصل الى الاستنتاجات الاتية:

- 1- ان التوزيع المقترح (DUS-DNS) يتمتع بالمرونة والملائمة اكثر للبيانات التي تتضمن شك و يقين .
- 2- حققت خوارزمية الذئب الرمادي اعلى افضلية من باقي الخوارزميات في تقدير معولية تقدير معولية نظام CASCADE النيتروسوفيكية لتوزيع (DUS-DNS) عند كافة احجام العينات وخاصة العينات الكبيرة (100, 75) تلتها خوارزمية الحوت الاحدب والتي كانت افضل عند احجام العينات الصغيرة (25) . واخيرات كانت الخوارزمية الجينية باقل نسبة افضلية .
- 3- أن معولية النظام R_2 تزداد مع زيادة قيم معاملات متغير المتانة وان درجة الصواب لمعولية النظام R_2 تتزايد , ودرجة الحياد تتناقص , بينما درجة الخطأ تتناقص . وكذلك المعولية الحدية $R_{(1)}$ تزداد كذلك , وان درجة الصواب للمعولية الحدية $R_{(1)}$ تتزايد , ودرجة الحياد تتناقص , بينما درجة الخطأ تتناقص , بينما المعولية الحدية $R_{(2)}$ درجة الصواب لها لايتناقص , ودرجة الحياد يتناقص , ودرجة الخطأ تتناقص.
- 4- أن معولية النظام R_3 تزداد مع زيادة قيم معاملات متغير المتانة وان درجة الصواب لمعولية النظام R_3 تتزايد , ودرجة الحياد تتناقص , بينما درجة الخطأ تتناقص . وكذلك المعولية الحدية $R_{(3)}$ تتناقص كذلك , وان درجة الصواب للمعولية الحدية $R_{(3)}$ تتناقص , ودرجة الحياد تتزايد , بينما درجة الخطأ تتناقص .
- 5- في كل حالات تقدير معولية النظام فان درجة عدم الصح (الخطأ تتناقص) بزيادة حجم العينة وبزيادة قيم المعلمات لمتغير المتانة.

5.2 التوصيات (Recommendations)

بناء على ما توصلنا اليه من استنتاجات نوصي بالآتي:

- 1- استخدام توزيع (DUS-DNS) بشكل موسع في تطبيقات أخرى تتطلب معالجة البيانات غير المؤكدة، خاصة في المجالات الهندسية والمعولية.
- 2- اعتماد خوارزمية الذئب الرمادي بشكل أوسع كونها أظهرت أفضلية واضحة في تقدير معولية نظام CASCADE النيتروسوفيكية خاصة عند أحجام العينات الكبيرة، يُنصح باعتماد هذه الخوارزمية كأداة قياسية في الدراسات المستقبلية التي تتضمن تقدير المعولية، خاصة في الأنظمة المعقدة التي تتطلب دقة عالية في التقدير.
- 3- من الضروري إجراء تحسينات إضافية على الخوارزميات الأخرى مثل الخوارزمية الجينية لتكون أكثر فعالية في هذا النطاق.
- 4- إجراء دراسات إضافية لتحليل تأثير هذه المعلمات على معولية الأنظمة في ظروف وأحجام عينات مختلفة. هذا قد يسهم في تطوير نماذج أكثر دقة واستقرار.
- 5- إجراء التجارب مع عينات أكبر قدر الإمكان لضمان الحصول على تقديرات أكثر دقة وتقليل احتمالية الخطأ.
- 6- تطوير استراتيجيات وطرق جديدة تهدف إلى تقليل درجة الخطأ بشكل أكبر من خلال تحسين جودة البيانات واختيار العينات المثلى.
- 7- يقترح اعتماد تحليل بيانات أوقات العطل لمكائن الطحن استناداً إلى تقسيم فترة العمل اليومية إلى ثلاث وجبات تشغيلية بمعدل (8 ساعات) لكل وجبة بدلاً من الاعتماد على اليوم الكامل (24 ساعة)، وذلك لتوفير تصور أدق عن أوقات التشغيل الفعلية والاستفادة من نتائج التحليل في تقييم أداء المكائن خلال فترات العمل الفعلية. هذا سيسهم في تعزيز دقة اتخاذ القرار فيما يتعلق بجدولة الصيانة والتشغيل المستقبلي للمكائن داخل الشركة العامة لتجارة الحبوب.

المصادر

أولاً: المراجع:

*القرآن الكريم

ثانياً : المصادر العربية:

1. اكرم , سارة صباح , يوسف , علي حميد , (2022) , "المقارنة بين الطرائق التقليدية والبيزية لتقدير معولية نظام الاجهاد المتانة متعدد المركبات لتوزيع Toppe-Lieon باستعمال المحاكاة", **I Kut Journal of Economics and Administrative Sciences** , /ISSN: 1999 -558X /ISSN Online 2707-4560/ Vol (14) Issue: 54
2. السراي , علي حميد يوسف ؛ الجاسم , صباح هادي عبود , (2011), "مقارنة بين اسلوب بيز وطريقة الامكان الاعظم لتقدير دالة المعولية للنظام المتسلسل والنظام المتوازي مع تطبيق عملي", رسالة ماجستير غير منشورة – جامعة بغداد – كلية الادارة والاقتصاد.
3. العيساوي, إقبال جبار , (2012) . "تقدير معولية النظام الاحتياطي باستخدام توزيع ويبل" . رسالة ماجستير غير منشورة , الجامعة المستنصرية , كلية العلوم , قسم الرياضيات .
4. العبودي , سناء علي محمد , نصر الله , مهدي وهاب نعمة , (2018), " تقدير معولية نظام Cascade الإجهاد - المتانة لتوزيع احتمالي", رسالة ماجستير غير منشورة – كلية الادارة والاقتصاد – جامعة كربلاء
5. سلامة , احمد ؛ الحبيب , رفيق, (2020) . "علم النيتروسوفيك وتطبيقاته في الرياضيات الاحتمالات الاحصاء – الهندسة – علوم الحاسوب – نظم المعلومات – الفيزياء – اتخاذ القرار – الطب", كلية العلوم قسم الاحصاء الرياضي – جامعة البعث – سوريا.
6. سوسن صبيح عبد علي ؛ صالح جعفر فندي؛ ستار عبد مطلق (2009), " قياس معولية الفرن الدوار في معمل سمنت كبيسة", مجلة الهندسة والتكنولوجيا, المجلد 27 ، العدد 2009، 11
7. ضيغم, جواد شاكر , حسين , علي ناصر , (2022), " معوليه النظام التتابعي المضرب للإجهاد-المتانة" لتوزيع ويبل للنموذج "1+1" باستعمال أسلوب المحاكاة", مجلة الاقتصادية الخليجية, المجلد 2022، العدد 54 (31 ديسمبر/كانون الأول 2022)، ص ص. 158-123، 36ص.

8. طاهر , رفل ليث , رشيد , حسام عبد الرزاق, (2022), " مقارنة بعض طرائق تقدير دالة المعولية للتوزيع الاسي ذو المعلمتين للنظامين المتسلسل والمتوازي", رسالة ماجستير غير منشورة – كلية الادارة والاقتصاد- الجامعة المستنصرية.
9. عبد الاحد, اعطاف ادورد (2014), "مقارنة اسلوب بيز وطرائق اخرى لتقدير دالة المعولية لتوزيع **Lomax** بأستخدام المحاكاة", مجلة الادارة والاقتصاد (**The Journal of Administration & Economics**), العدد 101.
10. عبد العزيز , بثينة عبد الجادر , جلوب , آلاء حسن, (2017), "تقدير ونمذجة دالة معولية النظام المتسلسل في حالة عدم تماثل مركباته", مجلة الادارة والاقتصاد – الجامعة المستنصرية , السنة اربعون العدد مائة واثنى عشر.
11. محمد, محمد زهير خليل, محمد , رواء صالح , (2021), "تقدير **ML** و **Bootstrap** باستخدام التوزيع لأسي لدالة المعولية **Cascade** (الاجهاد-المتانة)", مجلة العلوم الاحصائية العدد الرابع عشر .,
12. مزهر , زينب كاظم و سعيد , شروق عبد الرضا , (2002) , "تقدير معولية متعدد المكونات الاجهاد المتانة لتوزيع **Alpha power Pareto** باستعمال طريقة **RSS**", **Al Kut Journal of Economics and Administrative Sciences /ISSN: 1999 - .558X /ISSN Online 2707-4560/ Vol (14) Issue: 45-2022(December**
13. ياسين, نور عبد الله , (2022), " Some Estimation Reliability Methods of " , رسالة ماجستير غير منشورة , كلية التربية للبنات , جامعة تكريت.

ثالثاً : المصادر الاجنبية:

14. Acar E.,Solanki K. (2009). System reliability based vehicle design for crashworthiness and effects of various uncertainty reduction measures, Structural and Multidisciplinary Optimization, 39: 311-325
15. Ahsan-ul-Haq , Muhammad ; Zafar , Javeria ; Aslam , Muhammad ; Tariq , Saadia, (2024), " Neutrosophic Topp-Leone Distribution for Interval-Valued Data Analysis ", Journal of Statistical Theory and

Applications (2024) 23:164–173 <https://doi.org/10.1007/s44199-024-00077-9>

16. Alameer Z, Elaziz MA, Ewees AA, Ye H, Jianhua Z (2019) Forecasting gold price fluctuations using improved multilayer perceptron neural network and whale optimization algorithm. *Resources Policy* 61:250–260
17. Alhabib, Rafif ; Ranna, Moustafa Mzher; Farah , A.A. Salama , Haitham , (2018), " ome Neutrosophic Probability Distributions ", *Neutrosophic Sets and Systems*, Vol. 22, 2018 University of New Mexico
18. Aljuaid, Hanan. Applying Genetic Algorithm in Multi Language's Characters Recognition. INTECH Open Access Publisher, 2012.,
19. AL-Nasser, A. M. (2009) .Statistical Reliability. Ithraa Publishing and Distribution ,University of Baghdad .
20. Balakhelia , Mohammad Mahdi, Mahmood Chahartaghia , Sheykhia , Mohammad, Hashemiana , Seyed Majid, Rafiee Nima , (2019), " Analysis of different arrangements of combined cooling, heating and power systems with internal combustion engine from energy, economic and environmental viewpoints ", *Energy Conversion and Management journal* homepage: www.elsevier.com/locate/enconman
21. Bhatti J.,Bhardwaj N., Kumar S.(2021). Mathematical modelling to industrial repair and maintenance policy system for its reliability, *Mathematical Modeling and Computing*, 8: 465-473.
22. Bhatti J., KakkarM. K., Bhardwaj N., Kaur M., Deepika, (2020).Reliability analysis to industrial active standby redundant system, *Malaysian Journal of Science*, 39: 74-84

23. Bhesdadiya R, Parmar SA, Trivedi IN, Jangir P, Bhoje M, Jangir N (2016) Optimal active and reactive power dispatch problem solution using whale optimization algorithm. Indian J Sci Technol 9:1–6
24. Bui Q-T, Pham MV, Nguyen Q-H, Nguyen LX, Pham HM (2019) Whale Optimization Algorithm and Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System: a hybrid method for feature selection and land pattern classification. Int J Remote Sens 40:5078–5093
25. C. Doloi, (2021), "ESTIMATION OF CASCADE RELIABILITY FOR TWO STRESSES AND SINGLE STRENGTH", Advances and Applications in Statistics © 2021 Pushpa Publishing House, Prayagraj, India <http://www.pphmj.com> <http://dx.doi.org/10.17654/AS070020129> Volume 70, Number 2, 2021, Pages 129-136 P-ISSN: 0972-3617
26. C. Doloi¹ and J. Gogoi, (2023), " A CASCADE RELIABILITY MODEL FOR EXPONENTIAL AND LINDLEY DISTRIBUTIONS. ", Journal Homepage: - www.journalijar.com Article DOI: 10.21474/IJAR01/3780 DOI URL: <http://dx.doi.org/10.21474/IJAR01/3780>. ISSN: 2320-5407 Int. J. Adv. Res. 5(4), 43-54
27. Cherukuri SK, Rayapudi SR (2016) A novel global MPP tracking of photovoltaic system based on whale optimization algorithm. Int J Renew Energy Dev 5:225–232
28. Coolen, F.P.A.; Coolen-Maturi, T., (2016), " The structure function for system reliability as predictive (imprecise) probability", Preprint submitted to Reliability Engineering and System Safety

29. Deli , Irfan; Subas , Yusuf, (2014), " Single valued neutrosophic numbers and their applications to multicriteria decision making problem ", General Mathematics
30. Devi, M.T., Maheswari, T.U.,& Swathi, N. (2016). Cascade System Reliability with Stress and Strength Follow Lindley Distribution. International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), ISSN: 2278-0181 ,Vol. 5 Issue 09.
31. Di Lorenzo , Richard A., (2008), " Reliability, Maintainability, and Availability for Engineers ", Defense Acquisition University Mid-West Region, 3100 Research Blvd., Pod 3, Third Floor, Kettering, Ohio 45420.
32. Dodouh, Hiba, (2020), " Neutrosophic Logic as an Alternative to Treat Missing Values in Calculating the Stability of Cronbach's Alpha for Psychological and Achievement Tests ", urnal of University of Babylon for Pure and Applied Sciences, Vol. (28), No. (2): 2020 Online ISSN: 2312-8135, Print ISSN: 1992-0652
33. Doloi, C. , Borah, M., & Gogoi, J. (2013). Cascade System with $\Pr(X \leq Y \leq Z)$. Journal of Informatics and Mathematical Sciences , Volume 5 Number 1, pp. 37–47.
34. Du M., Li Y. F. (2020). An investigation of new local search strategies in memetic algorithm for redundancy allocation in multi-state series-parallel systems, Reliability Engineering & System Safety, 195: 106703.
35. E Lathanayagam, E Kungumaraj;; Anand, M. Clement Joe , (2019), " Neutrosophic Topological Vector Spaces and its Properties", nternational Journal of Neutrosophic Science Vol. 23(No. 02):PP. 63-76

36. Enrico Zio; Hadi Gholinezhad, (2023), " Redundancy Allocation of Components with Time-Dependent Failure Rates", Probability and Stochastic Processes with Applications to Communications, Systems and Networks, 2nd Edition)
37. G.S. Hornby, A. Globus, D.S. Linden, J.D. Lohn, Automated antenna design with evolutionary [1] algorithms, in: Proceedings of 2006 American Institute of Aeronautics and Astronautics Conference on Space, San Jose, CA, 2006, pp. 19–21.
38. Gable, Lance; Meier, Benjamin Mason , (2013), "Complementarity in Public Health Systems: Using Redundancy as a Tool of Public Health Governance a Tool of Public Health Governance", LAW eCommons.
39. Gogoi, J. & Borah, M.(2012). Estimation of Reliability for Multicomponent Systems using Exponential , Gamma and Lindley Stress-Strength Distributions. Journal of Reliability and Statistical Studies; Vol. 5, Issue 1 ,p. 33-41 .
40. Gogoi, J. & Borah, M.(2012). Inference on Reliability for Cascade Model. Journal of Informatics and Mathematical Sciences, Volume 4 , Number 1, pp. 77–83.
41. Gopalan, M. N., & Venkateswarlu, P. (1983). Reliability analysis of time-dependent cascade system with random cycle times. Microelectronics Reliability, 23(2), 355-366.
42. Granadosa , Carlos; Dasb , Ajoy Kanti; Dasc , Birojit , (2022), " Some Continuous Neutrosophic Distributions with Neutrosophic Parameters Based on Neutrosophic Random Variables ", Advances in the Theory of Nonlinear Analysis and its Applications 6 (2022) No. 3, 380389. <https://doi.org/10.31197/atnaa.1056480> Available online at www.atnaa.org

43. Hassanien , Aboul Ella, (2017), " Handbook of Research on Machine Learning Innovations and Trends ", Release Date: April, 2017|Copyright: © 2017 |Pages: 1093 DOI: 10.4018/978-1-5225-2229-4, ,ISBN13: 9781522522294|ISBN10: 1522522298|EISBN13: 9781522522300
44. Hua D., Elsayed E. A. (2015). Degradation analysis of k-out-of-n pairs: G balanced systems withspatially distributed units, IEEE Transactions on Reliability, 65: 941-956
45. Hussein , Ali N. ; Nea'ama, Mahdi W., (2021), " Cascade System Reliability for Weibull-Fréchet Distribution ", ournal of Al Rafidain University CollegeIssue No. 50.
46. Jamal, Farrukh, Shafq, Shakaiba, Aslam , Muhammad; Khan , Sadaf, Zawar Hussain & Abbas , Qamer, (2024), " Modeling COVID-19 data with a novel neutrosophic Burr-III distribution", Scientific Reports 14:10810 | <https://doi.org/10.1038/s41598-024-61659-2>.
47. Jasem, H aneen A. ; Karam, Nada S. , (2022)."Reliability of stress – Strength N-cascade system $P(X<Y<Z)$ for the Rayleigh distribution, 2ND INTERNATIONAL CONFERENCE OF MATHEMATICS, APPLIED SCIENCES, INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGY , Baghdad, Iraq RESEARCH ARTICLE| DECEMBER 04 2023
48. Jie-Sheng Wang & Shu-Xia Li, (2019), " An Improved Grey Wolf Optimizer Based on Diferential Evolution and Elimination Mechanism ",
49. Kadhem , Alia’a Adnan, (2024), " THE EFFECT OF ADDING COLD-STANDBY REDUNDANCY ON THE INCREASE OF SYSTEM RELIABILITY ", Iraqi Journal of science Vol.53,No.1,2012,Pp.161-169.

50. Kalaivani K.; Palanivel Kaliyaperumal, (2023), " A neutrosophic approach to the transportation problem using single-valued trapezoidal neutrosophic numbers", *Proyecciones Journal of Mathematics* Vol. 42, No 2, pp. 533-547, April 2023. Universidad Católica del Norte , Antofagasta - Chile
51. KALBFLEISCH, JOHN D ; L. PRENTICE ,ROSS, (2002), "The Statistical Analysis of Failure Time Data", Second Edition, A JOHN WILEY & SONS, INC., PUBLICATION .
52. Karam, Nada S.; M. Yousif , Shahbaa, (2021), "Reliability of n-Cascade Stress -Strength $P(X<Y<Z)$ System for four different distributions", *Ibn Al-Haitham International Conference for Pure and Applied Sciences (IHICPS), Journal of Physics: Conference Series* 1879 (2021) 032005, IOP Publishing , doi:10.1088/1742-6596/1879/3/032005.
53. Khaleel , Ahmed H. & Karam , Nada S., (2019), " estimating the Reliability Function of (2+1) Cascade Model ", *Baghdad Science Journal* Vol.16(2)
54. Kong, Quyu; Rizoiu , Marian-Andrei; Xie , Lexing, (2020), " Modeling Information Cascades with Self-exciting Processes via Generalized Epidemic Models ", *Technical Presentation WSDM '20*, February 3–7, 2020, Houston, TX, USA
55. Kumar G., Jain V., Soni U. (2019). Modelling and simulation of repairable mechanical systems reliability and availability, *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, 10: 1221-1233
56. Laila A. Al-Essa, Alaa H. Abdel-Hamid, Tmader Alballa & Atef F. Hashem, (2023), " Reliability analysis of the triple modular redundancy

system under step-partially accelerated life tests using Lomax distribution ", Scientific Reports volume 13, Article number: 14719

57. Lambora, Annu, Kunal Gupta, Kriti Chopra , (2019), " Genetic Algorithm- A Literature Review ", International Conference on Machine Learning, Big Data, Cloud and Parallel Computing (Com-IT-Con), India, 14th -16th
58. Levitin G., Xing L.,Haim H. B., Dai Y. (2013). Reliability of series-parallel systems with random failure propagation time, IEEE Transactions on Reliability, 62: 637-647
59. Linde, Werner, (2016), " Probability Theory ", First Course in Probability Theory and Statistics, ISBN 978-3-11-046617-1, e-ISBN (PDF) 978-3-11-046619-5, e-ISBN (EPUB) 978-3-11-046625-6.
60. Maheswari, T. U. ,& Swathi, N.(2013). Cascade Reliability for Generalized Exponential Distribution. International Journal Of Computational Engineering Research (ijceronline.com) Vol. 3 Issue. 1, PP 132-136
61. Maheswari, T. U. ,& Swathi, N.(2013). Cascade Reliability of Stress-Strength system when Strength follows mixed Exponential distribution. IOSR Journal of Mathematics (IOSR-JM), ISSN: 2278-5728. Volume 4, Issue 5 , PP 27-31
62. Mohammed H. Hashem*, Hasanen S. Abdullah, Khalil I. Ghathwan, (2023), "Grey Wolf Optimization Algorithm: A Survey", Iraqi Journal of Science, 2023, Vol. 64, No. 11, pp: 5964 - 5984 DOI: 10.24996/ijcs.2023.64.11.40
63. Mutkekar, R.R. & Munoli, S.B.(2016). Estimation of Reliability for Stress-Strength Cascade Model. Journal of Statistics,ISSN Online: 2161-7198,PP. 873-881

64. Myung-Ki Baek & Heungseob Kim , (2024), " Lifetime Distribution for a Mixed Redundant System with Imperfect Switch and Components Having Phase-Type Time-to-Failure Distribution ", *Mathematics* 2024, 12(8), 1191; <https://doi.org/10.3390/math12081191>
65. Nayana, B. M. ; Anakha K. K. ; Chacko, V. M. ;Aslam, Muhammad; Albassam, Mohammed, (2022), " A new neutrosophic model using DUS-Weibull transformation with application", *Complex & Intelligent Systems* (2022) 8:4079–4088 <https://doi.org/10.1007/s40747-022-00698-6>.
66. **P. Morris, Tim ; Ian R. White, 1 and Michael J. Crowther ,(2019), "Using simulation studies to evaluate statistical methods", *Stat Med.* 2019 May 20; 38(11): 2074–2102. Published online 2019 Jan 16. doi: 10.1002/sim.8086**
67. Pandit, S. N., & Sriwastav, G. L. (1975). Studies in Cascade Reliability□I. *IEEE Transactions on Reliability*, 24(1), 53-56.
68. Pandit, S. N., & Sriwastav, G. L. (1978). Studies in Cascade Reliability□II. *IEEE Transactions on Reliability*, 27(2), 166-168.
69. Pankaj , JasdevBhatti , Mohit Kumar Kakkar, (2022), " 49Regular IssueMalaysian Journal of Science 41 (3): 49-57(October 2022)<https://mjs.um.edu.myDOI:https://doi.org/10.22452/mjs.vol41no3.7> Malaysian Journal of Science 41(3): 49-57(October2022)RELIABILITY ANALYSIS OF ACTIVE REDUNDANT SYSTEM USING GEOMETRIC DISTRIBUTION ", *Malaysian Journal of Science* 41 (3): 49-57
70. Popovic P., Ivanovic G., Mitrovic R.,Subic A.(2012). Design for reliability of a vehicle transmission system, *Proceedings of the*

Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering, 226: 194-209

71. Pramanik , Surapati, Banerjee, Durga , (2018) , " Neutrosophic number goal programming for multi-objective linear programming problem in neutrosophic number environment", MOJ Current Research & Reviews. 2018;1(3):135–142. 135 .
72. Raju, V. C. C., & Rekha, A. (1999). Cascade system reliability with Rayleigh Distribution. Botswana Journal of technology, pp 14-19
73. Rao, G.S. , Kantam, R.R.L. ,& Reddy, J.P.(2013). Estimation of Reliability in Multicomponent Stress-Strength based On Inverse Rayleigh Distribution . J. Stat. Appl. Pro. 2, No. 3, 261-267.
74. Rausand, M., & Hoyland, A. (2004). System reliability theory: models, statistical methods, and applications (Vol. 396). John Wiley & Sons.
75. Reddy, D. (2016). Cascade and System Reliability for Exponential Distributions. Journal of Engineering and Applied Mathematics, Vol. 2(2) , pp. 1-8 .
76. Reig-Mullor, Javier; Salas-Molina , Francisco, (2022), " Non-linear Neutrosophic Numbers and Its Application to Multiple Criteria Performance Assessment", nt. J. Fuzzy Syst. (2022) 24(6):2889–2904 <https://doi.org/10.1007/s40815-022-01295-y>
77. Rekha, A., & Sunder, T. S. (1997). Reliability of a cascade system with exponential strength and gamma stress. Microelectronics Reliability, 37(4), 683-685.
78. Rezaei , Hossein, Omid Bozorg-Haddad and Xuefeng Chu, (2024), " Grey Wolf Optimization (GWO) Algorithm ", Computational Intelligence .

-
79. Rohit R. Mutkekar, Surekha B. Munoli, (2016), " Estimation of Reliability for Stress-Strength Cascade Model ", Open Journal of Statistics, 2016, 6, 873-881 <http://www.scirp.org/journal/ojs> ISSN Online: 2161-7198 ISSN Print: 2161-718X.
 80. Rohit R. Mutkekar, Surekha B. Munoli, (2016), " Estimation of Reliability for Stress-Strength Cascade Model ", Open Journal of Statistics > Vol.6 No.5.
 81. Shanker, Rama, (2015), " Shanker Distribution and Its Applications ", International Journal of Statistics and Applications 2015, 5(6): 338-348 DOI: 10.5923/j.statistics.20150506.08
 82. Shanker, Rama, (2017), " Rani Distribution and Its Application", Biometrics & Biostatistics International Journal, Biom Biostat Int J 2017, 6(1): 00155
 83. Shanker, Rama; Shukla, Kamlesh Kumar, (2017), " Ishita distribution and its applications ", Biometrics & Biostatistics International Journal, Biom Biostat Int J. 2017;5(2):39–46.
 84. Shanker, R & Sharma, S, (2016). On two parameter Lindley distribution and Its Applications to model Lifetime data. Biometrics & Biostatistics International Journal, Vol. 3, No.1, pp.1-8.
 85. Shanker, R., & Amanuel, A. G., (2013). A new quasi Lindley distribution. International Journal of Statistics and systems, Vol. 8, No.2, pp.143-156.
 86. Shanker, R., & Mishra, A., (2013a). A two-parameter Lindley distribution. Statistics in Transition new series, Vol. 14, No.1, pp.45-56.
 87. Shanker, R., & Rahman, U. H., (2020). A New Two-Parameter Lindley Distribution. Nepal Journal of Mathematical Sciences, Vol. 1, pp. 33-42.

88. Shanker, R., Kamlesh, K. K., & Fesshaye, H., (2017). A two parameter lindley distribution: Its properties and applications. *Biostatistics and Biometrics Open Access Journal*, Vol. 1, No.4, pp.85-90.
89. Shanker, R., Sharma, S., & Shanker, R., (2013b). A two-parameter Lindley distribution for modeling waiting and survival times data. Vol.4, No.2.
90. Shanker, R., Shukla, K. K., Shanker, R., & Tekie, A. L. (2017). A three-parameter Lindley distribution. *American Journal of Mathematics and Statistics*, 7(1), 15-26.
91. Shenghua, Dai & Yishi, Li, (2011), " Research on 2-out-of-2 multiplying 2 redundancy system used in high-speed train ", 978-1-4244-8728-8/11/\$26.00 ©2011 IEEE , *Reliability Engineering & System Safety*, Volume 239, 109509
92. Shukla , Kamlesh Kumar; Shanker , Rama, (2020), " Shukla Distribution And Its Application ", Kamlesh Kumar Shukla, Rama Shanker SHUKLA DISTRIBUTION AND ITS APPLICATION RT&A, No 3 (54) Volume 14, September
93. Shukla, Kamlesh Kumar , (2018), " Ram Awadh distribution with properties and applications ", *Biometrics & Biostatistics International Journal*. ;7(6):515–523.
94. Shukla, Kamlesh Kumar, (2018), " Pranav distribution with properties and its applications ", *Biometrics & Biostatistics International Journal*. 2018;7(3):244–254.
95. SINGH , DIGVIJAY , (2013), "MEASURING RELIABILITY OF n-CASCADE SYSTEM UNDER RANDOM STRESS ATTENTION ", *International Journal of Scientific & Engineering Research*, Volume 4, Issue 12, December-2013 1400 ISSN 2229-5518

96. SITECH&EDUCATION PUBLISHING.
97. Skinner, K.R., & Zimmer, W.J. (2001). A Comparison of Three Estimators of the Weibull Parameters . John Wiley & Sons, Ltd. Vol.(17), P. 249–256.
98. Smarandache , Florentin, Pramanik , Surapati , (2016) , " New Trends in Neutrosophic Theory and Applications ", Hhal-01408066.
99. Smarandache, Florentin , (2013), " INTRODUCTION TO NEUTROSOPHIC MEASURE, NEUTROSOPHIC INTEGRAL, AND NEUTROSOPHIC PROBABILITY ", Many books can be downloaded from the following Digital Library of Science: <http://fs.gallup.unm.edu/eBooks-otherformats.htm>
100. Sundar, T.S. (2012). Case Study of Cascade Reliability with Weibull Distribution. International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT) Volume 1, Issue 6, ISSN: 2277-3754 , ISO 9001.
101. Swathi, N., & Maheswari, T. S. U. (2015). Reliability Analysis of a Redundant Cascade System by Using Markovian Approach. Journal of Applied Mathematics and Physics, 3(07), 911.
102. Tanweer Alam. Shamimul Qamar. Amit Dixit. Mohamed Benaïda. " Genetic Algorithm: Reviews, Implementations, and Applications.", International Journal of Engineering Pedagogy (iJEP). 2020
103. Wang a b, Yuantao Yao a, Daochuan Ge a, Zhixian Lin a b, Jie Wu a b, Jie Yu, (2023), " Reliability evaluation of standby redundant systems based on the survival signatures methods ",
104. Wen-Qi Duan, 1 , 2 Zahid Khan , 3 Muhammad Gulistan , 3 and Adnan Khurshid, (2021), " Neutrosophic Exponential Distribution: Modeling and Applications for Complex Data Analysis",

HindawiComplexityVolume 2021, Article ID 5970613, 8 pages<https://doi.org/10.1155/2021/5970613>.

- 105.** Won-Hee Kang , Young-Joo Lee, and Junho Chun, A.M.ASCE, (2021) , " Structural System Reliability: Overview of Theories and Applications to Optimization " , ASCE-ASME Journal of Risk and Uncertainty in Engineering Systems, Part A: Civil Engineering, Volume 7, Issue 2 , <https://doi.org/10.1061/AJRUA6.0001122>,

Abstract

In this thesis, a new distribution is proposed that is flexible in dealing with data with uncertainty and uncertainty by transforming the traditional Shukla distribution into a double neutrosophic Shukla distribution (DUS- Neutrosophic Shukla). Neutrosophic uncertainty was applied to the sample data first and then to the parameters of the original distribution in three stages:

Stage 1: Transforming the traditional Shukla distribution into a neutrosophic distribution with data using a neutrosophic random variable (XN). Here, the data are treated even if they are not fully defined through a neutrosophic probability density function that allows handling the uncertainty in the data.

Stage 2: Transforming the traditional Shukla distribution into a neutrosophic distribution with parameters using neutrosophic parameters (Θ_N , α_N) based on the Florentin Smarandache approach. This transformation takes into account the uncertainty and uncertainty in the distribution parameters, allowing a broader handling of data of an uncertain nature.

Stage 3: Using the DUS transformation to find a dual neutrosophic probability distribution with the data and parameters, which results in a new probability density function and cumulative function for the proposed distribution. This distribution allows data processing while incorporating all forms of uncertainty. The study concluded that the proposed distribution is more flexible and efficient in handling real-world uncertain data compared to traditional distributions, making it a valuable tool for analyzing complex data across various field.

Three methods were used to estimate the reliability of the Cascade(3+1) system under the proposed distribution: the Genetic Algorithm (GA), the Humpback Whale Algorithm (HWA), and the Grey Wolf Optimizer (GWO). This was carried out from two perspectives:

First — Experimental Aspect:

Monte Carlo simulation experiments were conducted using the Pooled Integrated Mean Squared Error (PIMSE) as a statistical indicator. The results showed that the Grey Wolf Optimizer (GWO) outperformed the other algorithms in estimating the neutrosophic reliability of the Cascade system under the DUS Neutrosophic Distribution (DUSDNS) across all sample sizes, especially for large samples (75, 100). The Humpback Whale Algorithm (HWA) ranked second and performed better with small sample sizes (25), while the Genetic Algorithm (GA) showed the lowest level of performance.

Second — Real Data Application:

Expert estimation data regarding inspection and failure policies were obtained from specialists at the State Company for Grain Milling. The experts provided data on the failure times of three milling machines at the Karbala Silo, with each machine contributing 25 measurements, totaling 75 observations. The Grey Wolf Optimizer (GWO) was applied to this dataset. The findings revealed that the system reliability R_2 increases over time, with the truth degree of reliability increasing, the indeterminacy degree decreasing, and the falsity degree decreasing as well. Similarly, the marginal reliability R_d also increased, accompanied by an increase in its truth degree, a decrease in the indeterminacy degree, and a decrease in the falsity degree.

Abstract

For the marginal reliability R_2 , its truth degree decreases, the indeterminacy degree decreases, and the falsity degree also decreases. In all cases, the falsity degree tends to decrease. Regarding the system reliability R_3 , it increases over time, with its truth degree increasing, the indeterminacy degree decreasing, and the falsity degree decreasing as well. As for the marginal reliability R_3 , it decreases, with its truth degree decreasing, the indeterminacy degree increasing, and the falsity degree decreasing. Thus, the system operates at its highest truth degree of reliability, reaching 0.95041, with an indeterminacy degree of 0.98581, and a falsity degree equal to zero.



Republic of Iraq
Ministry of Higher Education
And Scientific Research
University of Karbala
Faculty of Management
And Economics
Department of Statistics
Graduate Studies



**Choosing the Optimal Method for
Estimating Neutrosophic Reliability: A
Practical Application**

A thesis

Submitted to the council of the college of Administration
& Economics\ University of Karbala as partial fulfillment of the
requirements for the degree of Philosophy of Statistics Sciences

By

Tamara Ali Ghany

Supervision

Prof. Dr .Mahdi Wahab Nea'ama Naser Allah

A.H. 1446

A.D. 2025