

## دراسة رياضية وتجريبية لحركة المحصول داخل وحدة دراس محورية التدفق

د. م. قيس كامل ابراهيم \*

د. م. محمود اسماعيل اسعد \*\*

(تاريخ الإيداع ٢٠٢٤/١٢/٢ . قُبل للنشر في ٢٠٢٥/٢/٢٣)

### □ ملخص □

تناولت هذه الدراسة تطوير نموذج رياضي لتحليل أداء وحدة الدراس ذات التدفق المحوري، مع التركيز على تأثير التغذية وعملية الفصل عند منطقة الدراس. يعالج النموذج العلاقة بين موقع المحصول داخل الوحدة ومعدل الفصل والفاقد، أخذًا في الاعتبار تأثير بارامترات التصميم (مثل طول الأسطوانة وخصائص ثقب صدر الدراس والظروف التشغيلية (مثل معدل التغذية وسرعة الدوران)).

تم التحقق من صحة النموذج باستخدام اختبارات تجريبية أجريت على دراسة بتغذية مماسية ومحورية التدفق في الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية بالجمهورية العربية السورية، باستخدام محصول القمح تحت معدلات تغذية ورطوبة متنوعة. أظهرت النتائج توافقًا كبيرًا بين قيم النموذج والقيم التجريبية، مع تحقيق معاملات ارتباط مرتفعة (٠,٩٦-٠,٩٤). بين البحث عن ارتفاع كفاءة الفصل والدراس مع ارتفاع معدل التغذية وسرعة الدوران، بينما انخفضت الكفاءة بزيادة رطوبة المحصول بنسبة (٠.٥-١.١%). يبين النموذج أن أعظم قيمة لنسبة الحبوب غير المدروسة تظهر عند (x=0.18 m) وتظهر القيمة الأعظمية لنسبة الحبوب الحرة  $S_f(x)$  بنسبة (25%) تقريبًا عند (x= 0.53 m). بلغت قيمة معدل الفصل العليا % 99.416 عند سرعة محيطية لمضر الدراس 35 m/s و رطوبة محصول 25% و معدل تغذية 3 kg/s.

يوفر النموذج أداة دقيقة للتنبؤ بأداء وحدات الدراس، مما يساهم في تحسين التصميم وتقليل الفاقد حيث بلغت قيمة متوسط الخطأ النسبي (ep = 0.317 %). يوصى باستخدام النتائج لتحسين وحدات الدراس وتصميمها وفقًا للظروف التشغيلية المثلى، وإجراء دراسات مستقبلية لتوسيع تطبيق النموذج ليشمل أنواعًا أخرى من وحدات الدراس.

**الكلمات المفتاحية:** عملية الدراس، وحدة دراس محورية التدفق، نمذجة رياضية، كفاءة الدراس.

\* حاصل على درجة الدكتوراه - جامعة طرطوس - كلية الهندسة التقنية - قسم هندسة المعدات والآليات (هندسة المواد التطبيقية) .

\*\* حاصل على درجة الدكتوراه - جامعة طرطوس - كلية الهندسة التقنية - قسم هندسة المكننة الزراعية.

## Mathematical and experiential study of the crop movement in an axial threshing unit

Dr. KAYSSE IBRAHIM \*

Dr. MAHMOUD ASAAD \*\*

(Received 2/12/2024 . Accepted 23/2/2025)

### □ ABSTRACT □

This study addresses the development of a mathematical model for analyzing the performance of a threshing unit with axial flow, focusing on the impact of feeding and the separation process at the threshing zone. The model examines the relationship between the crop's position within the unit, the separation rate, and the loss, taking into account the effects of design parameters (such as cylinder length and characteristics of the threshing drum apertures) and operational conditions (such as feeding rate and rotational speed).

The model was validated through experimental tests conducted on a tangential and axial flow threshing unit at the General Organization for Agricultural Scientific Research in the Syrian Arab Republic, using wheat crops under various feeding rates and moisture levels. The results showed a significant agreement between the model's values and the experimental data, with high correlation coefficients (0.94–0.96). The study revealed that threshing efficiency increased with higher feeding rates and rotational speeds, while efficiency decreased as crop moisture increased by (0.5–1.1)%. The model indicates that the maximum value for the unthreshed grain ratio occurs at ( $x=0.18$  m), while the maximum value for the free grain ratio  $sf(x)s_f(x)sf(x)$  is approximately 25% at ( $x=0.53$  m). The highest separation rate reached 99.416% at a drum peripheral speed of 35 m/s, crop moisture of 25%, and a feeding rate of 3 kg/s.

The model provides an accurate tool for predicting the performance of threshing units, contributing to design optimization and loss reduction, with a relative error of ( $ep = 0.317\%$ ). The results are recommended for improving and designing threshing units based on optimal operational conditions, and future studies should be conducted to extend the model's application to other types of threshing units.  
**Keywords:** threshing process, axial flow threshing unit, mathematical modeling, threshing efficiency.

---

<sup>1</sup> Doctorate degree – Tartous university – Faculty of technical engineering – department of machinery and equipment engineering (applied materials engineering).

<sup>2</sup> Doctorate degree – Tartous university – Faculty of technical engineering – department of agricultural mechanization engineering.

**١-مقدمة:**

تعد الحصادات-الدراسات الحديثة من الآلات متعددة الوظائف التي تم تصميمها وتصنيعها خصيصاً لجني مختلف المحاصيل الزراعية، مع هدف أساسي هو إنتاج بذور نظيفة وسليمة تُخزن عادة في خزان البذور داخل الآلة ليتم تفريغها بشكل دوري لنقلها لإجراء العمليات التكنولوجية اللاحقة. ورغم التطور الكبير في هذه الآلات، تظل الحصادات-الدراسات محور اهتمام العديد من الباحثين في مجال الآلات الزراعية، حيث تمثل أحد الأنظمة الميكانيكية الأكثر تعقيداً وتنوعاً، فتحسين كفاءة وأداء هذه الآلات يتطلب مواجهة التحديات المرتبطة بمحدودية الموارد وارتفاع تكاليف التصنيع والصيانة، وتعد وحدة الدراس أحد المكونات الأساسية التي تحتاج إلى تطوير مستمر [1].

تعتبر النمذجة الرياضية من أبرز الأدوات المستخدمة لتحليل السلوك الديناميكي للأنظمة الميكانيكية، وعلى الرغم من التطورات المستمرة في هذا المجال، ما زالت الحاجة قائمة لتطوير نماذج أكثر دقة تأخذ في الاعتبار جميع المتغيرات والتفاعلات الديناميكية داخل الآلات الزراعية. إن استخدام النمذجة في تحليل عملية الدراس يمكن أن يساهم بشكل كبير في تحسين الأداء والكفاءة، من خلال التنبؤ بمؤشرات الدراس المهمة مثل فاقد الفصل وفاقد الدراس بشكل عام بناءً على التحكم في بارامترات التشغيل المختلفة [2].

تتم عملية تغذية وحدة الدراس بالمحصول بطرق متعددة، مثل الاتجاه المحوري أو المماسي أو المائل، وقد تم تطوير نماذج شاملة لدراسة عملية الدراس والفصل من قبل العديد من الباحثين [٣، ٤، ٥]. إلا أن هذه النماذج تكون فعالة فقط في الحالات التي لا تحتوي فيها أسطوانة الدراس على فتحات ضمن منطقة التغذية. وعليه، لا يمكن تطبيق هذه النماذج بشكل مباشر على وحدات الدراس التي تحتوي على فتحات تغذية ضمن القسم المخصص لعملية الدراس، حيث تؤثر هذه الفتحات بشكل كبير على أداء عملية الفصل.

من خلال الدراسات السابقة، أصبح من الواضح أن هناك ارتباطاً وثيقاً بين حركة المحصول داخل وحدة الدراس محورية التدفق وبين أداء وكفاءة هذه الوحدة. وقد تناولت العديد من الدراسات المتغيرات المؤثرة على حركة المواد داخل هذه الوحدات [٦، ٧، ٨]، مما يبرز الحاجة إلى تطوير نماذج دقيقة تأخذ بعين الاعتبار كافة العوامل المؤثرة في النظام لضمان تحسين كفاءة العملية، لا سيما في ظل تنوع الظروف التشغيلية والتكنولوجية في الحقول الزراعية.

**٢-مشكلة البحث:**

تعتبر الحدود التصميمية الخاصة في آلات الدراس أمراً مثيراً للاهتمام في الوقت الذي يجب فيه أن تبقى الآلة خفيفة الوزن وذات مردود اقتصادي عال، لذلك فإن أي خلل تقني في أي نظام في الحصادات أو الدراسات الناجم عن خلل في عملية التصميم أو التشغيل قد ينجم عنه خسائر اقتصادية كبيرة.

**٣-أهميته البحث وأهدافه:**

يهدف هذا البحث إلى إعداد دراسة رياضية شاملة تأخذ في الاعتبار تأثير عملية دراس الحبوب والفصل عند منطقة التغذية نفسها، وهو ما لم يتم تناوله في الدراسات السابقة التي تناولت نمذجة عملية الدراس. ومن خلال هذا النموذج، يمكن تلخيص أهمية البحث بتمكين وصف بارامترات مسار المادة والسرعة كتابع لموضع المادة على طول أسطوانة الدراس، مما يساهم في تحسين عمليات التصميم والوصول إلى حلول أكثر فعالية. كما تم التحقق من صحة النموذج باستخدام بيانات تجريبية موثوقة تم الحصول عليها من اختبار

وحدات الدراس المحورية ووحدات التغذية المماسية في الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية في الجمهورية العربية السورية، مما يعزز مصداقية النتائج ويؤكد دقة النموذج المقترح.

#### ٤- مواد وطرائق العمل:

##### ٤-١- إعداد النموذج الرياضي:

تم إعداد النموذج بعد الأخذ بعين الاعتبار مجموعة من الافتراضات والتي يمكن تلخيصها وفق الآتي:

١. عندما يتم تغذية المواد إلى وحدة الدراس لا يوجد أي عودة للمحصول عبر فتحة

التغذية لأي نوع من المواد سواء الحبوب أو المواد الأخرى (MOG-material other grain).

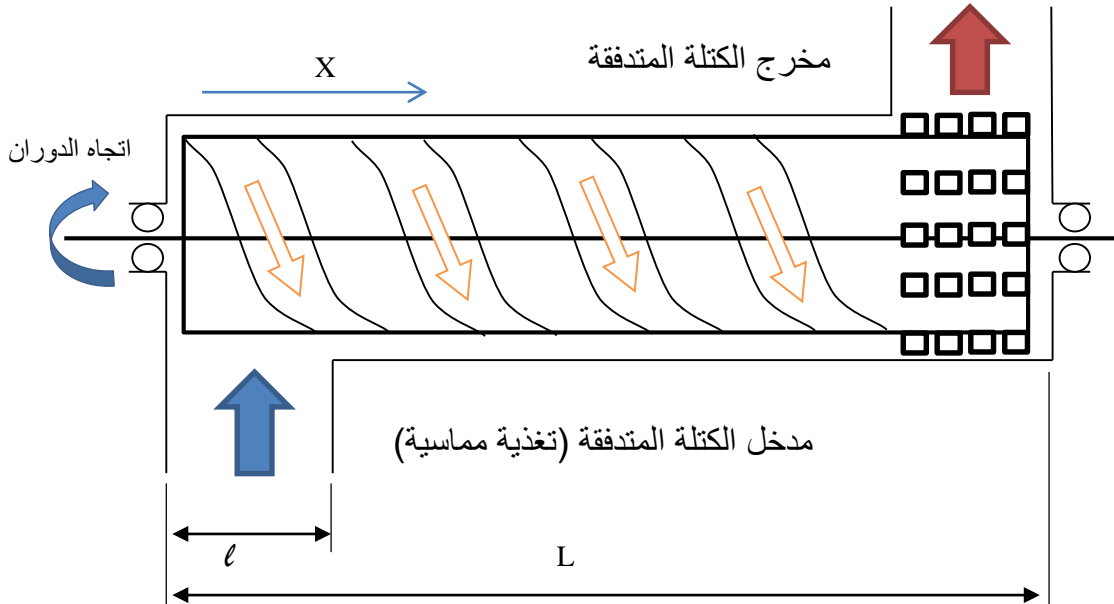
٢. تبدأ عملية الدراس من منطقة التغذية نفسها في وحدة الدراس المحورية التدفق

وبالتالي يمكن للحبوب أن يتم دراستها ضمن منطقة التغذية.

٣. معدل تدفق المواد ضمن وحدة الدراس ثابت.

يتضمن الطول الإجمالي لأسطوانة الدراس  $L$  الذي يتضمن كل من طول منطقة التغذية ( $\ell$ ) والدراس

والفصل داخل وحدة الدراس (الشكل ١).



الشكل (١): مخطط يبين اتجاه تدفق الكتلة النباتية داخل وحدة الدراس

لتكن ( $x$ ) هي القيمة المتغيرة لموقع المحصول على كامل الطول ( $L$ )، أي أن  $x \in [0, L]$ ، ولتكن ( $q_s$ ) معدل التغذية الأسمي للحبوب، ولتكن ( $q_s(x)$ ) هي كمية المحصول النوعية التي يتم تغذيتها إلى وحدة الدراس عبر الجزء  $[0, l]$  والتي تعطى بالعلاقة التالية:

$$q_s(x) = \frac{dq_s}{dx} \quad (1)$$

و

$$q_s(x) = q_s x \quad (2)$$

لنفترض ( $q_s(l)$ ) تمثل النسبة 100% لمعدل تغذية الحبوب أي جميع تجايف وحدة الدراس مليئة بالمحصول على كامل طول وحدة الدراس ( $L$ )، فعند المقطع العرضي لوحدة الدراس عند الموضع ( $x \in [0, l]$ ) تكون قيمة تغذية الحبوب متناسبية وفقاً لقيمة  $x$  كما يلي:

$$q_s(x) = \frac{1}{l}x \quad (3)$$

يمكن تقسيم كل من عمليتي الدراس والفصل إلى الأجزاء الثلاث التالية [7]:

(a) فصل الحبوب عن السنابل (هنا تصبح الحبوب حرة داخل فراغ وحدة الدراس).

(b) حركة الحبوب الحرة داخل حصيرة القش ضمن وحدة الدراس.

(c) مرور الحبوب الحرة عبر ثقب أسطوانة الدراس.

يمكن شرح القوانين الاحتمالية التي تصف الأجزاء الثلاث المذكورة أعلاه من خلال التتابع الاحتمالية الأسية التالية للكثافة [9]:

$$f(x) = \lambda e^{-\lambda x}, \quad \text{للحالتين } a \text{ و } b \quad (4)$$

$$g(x) = \beta e^{-\beta x} \quad \text{للحالة } c \quad (5)$$

حيث:

e: العدد النيبيري.

$\lambda$ : معدل الدراس والمرور النوعي.

$\beta$ : معدل الفصل النوعي.

تعطى نسبة البذور غير المدروسة  $s_{n1}(x)$  عبر الطول  $x \in [0, l]$  بالعلاقة التالية:

$$s_{n1}(x) = 1 - \frac{1}{l}x \int_0^x \lambda e^{-\lambda s} ds = \frac{1}{l}x e^{-\lambda x} \quad (6)$$

يمكن ملاحظة أنه عندما يكون المشتق الأول:  $\frac{ds_{n1}(x)}{dx} = 0$  فإن القيمة العظمى ل  $s_{n1}(x)$  تكون عندما  $x = \frac{1}{\lambda}$

بناء على ما سبق تعطى نسبة البذور غير المدروسة  $s_{n2}(x)$  عبر الطول  $(l \leq x \leq L)$  بالعلاقة التالية:

$$s_{n1}(x) = 1 - s_{n1}(l) \int_0^x \lambda e^{-\lambda(s-l)} ds = e^{-\lambda x} \quad (7)$$

وفي نهاية عملية الدراس، أي عندما تكون  $(x=L)$ ، تتحول الحبوب غير المدروسة إلى فقد في الدراس

$V_t$ :

$$V_t = s_{n2}(L) = e^{-\lambda L} \quad (8)$$

تحدث عملية فصل الحبوب عبر حصيرة القش داخل وحدة الدراس وعبر ثقب صدر الدراس بشكل عشوائي وناجح للحالتين (b و c). وحسب النظرية الاحتمالية فإن الكثافة المتداخلة  $s_d(x)$  لمجموع الحالتين المستقلتين العشوائيتين تساوي حاصل ضرب هاتين الكثافتين.

وبالتالي فإنه عندما  $(x \leq l)$ :

$$s_{d1}(x) = \frac{x}{l} f(x) \times g(x) = \frac{x}{l} \int_0^x f(z)g(x-z)dz = \frac{\lambda\beta}{(\lambda-\beta)} \frac{x}{l} (e^{-\beta x} - e^{-\lambda x})$$

(9)

وبمكاملة المعادلة السابقة (9) فإنه يمكن تحديد الدالة التراكمية للحبوب المفصولة  $s_{s1}(x)$  عبر الطول

$x \in [0, l]$  يتم الحصول على:

$$s_{s1}(x) = \frac{1}{(\lambda-\beta)} \frac{x}{l} [\lambda(1 - e^{-\beta x}) - \beta(1 - e^{-\lambda x})] \quad (10)$$

وعندما  $l \leq x \leq L$  فإن الكثافة المتداخلة  $s_{d2}(x)$  يمكن حسابها كما يلي:

$$s_{d2}(x) = f(x) \times g(x) = \frac{x}{l} \int_0^x f(z)g(x-z)dz = \frac{\lambda\beta}{(\lambda-\beta)}(e^{-\beta x} - e^{-\lambda x}) \quad (11)$$

وبمكاملة المعادلة السابقة (11) فإنه يمكن تحديد الدالة التراكمية للحبوب المفصولة  $s_{s2}(x)$  عبر الطول  $x \in [l, L]$  الحصول على:

$$s_{s2}(x) = \frac{1}{(\lambda-\beta)} [\lambda(1 - e^{-\beta x}) - \beta(1 - e^{-\lambda x})] \quad (12)$$

يلاحظ من العلاقتين (10) و(12) أن:

$$s_{s1}(l) = s_{s2}(l) \quad (13)$$

بالتالي فإن الدالة التراكمية  $s_s(x)$  عبر الطول  $[0, x]$  هي:

$$S_s(x) = \begin{cases} s_{s1}(x) & 0 \leq x \leq l \\ s_{s2}(x) & 0 \leq x \leq L \end{cases}$$

فعد المقطع العرضي لوحدة الدراس وعند الموضع  $(x)$  يمكن كتابة معادلات التوازن كنسب مئوية كما

يلي:

$$s_{n1}(x) + s_{f1}(x) + s_{s1}(x) = \frac{x}{l} \quad x \leq l \quad (14)$$

$$s_{n2}(x) + s_{f2}(x) + s_{s2}(x) = 1 \quad l \leq x \leq L \quad (15)$$

حيث إن  $s_{f1}(x)$  و  $s_{f2}(x)$  نسبة الحبوب القابلة للفصل والمرتبطة بالموقع  $x$  على كامل طول

أسطوانة الدراس، وبالتالي يمكن كتابة:

$$s_{f1}(x) = \frac{\lambda}{(\lambda-\beta)} \frac{x}{l} (e^{-\beta x} - e^{-\lambda x}) \quad (16)$$

و

$$s_{f2}(x) = \frac{\lambda}{(\lambda-\beta)} (e^{-\beta x} - e^{-\lambda x}) \quad (17)$$

ومنه يمكن ملاحظة أن:

$$s_{f1}(l) = s_{f2}(l) = (e^{-\beta l} - e^{-\lambda l}) \quad (18)$$

وفي نهاية أسطوانة الدراس تتحول الحبوب الحرة لتصبح فقد في عملية الفصل  $V_s = s_{f2}(L)$

خلال الدراس المحوري تبلغ نسبة الفصل قيمتها العظمى بين قيمتين دنيا وعظمى لمعدل التغذية

(MOG federate) [8]. عند معدلات تغذية منخفضة يتم تمرير طبقة المحصول الرقيقة نسبياً بشكل سريع،

ولا يتم معاملتها بشكل جيد، فيحصل الفصل في وقت متأخر أثناء المرور، أي أن المعامل  $\lambda$  يزداد والمعامل  $\beta$

ينخفض [10]. وتزداد نسبة الفصل بزيادة معدل التغذية نتيجة زيادة سماكة المحصول نتيجة ما يسمى بتأثير

التخميد لطاقة الضرب لعنصر الدراس النشط عبر سماكة طبقة المواد [11].

يمكن التعبير عن تأثير معدل التغذية  $(q_p)$  على المعاملين  $(\lambda)$  و  $(\beta)$  من خلال العلاقة الأسية والتي

يمكن كتابتها رياضياً على الشكل التالي [7]:

$$\beta = \frac{a \cdot q_p^b}{e^{c \cdot q_p}} \quad (19)$$

$$\lambda = \frac{k \cdot e^{m \cdot q_p}}{q_p^n} \quad (20)$$

حيث:

$q_b$  معدل التغذية kg/s.

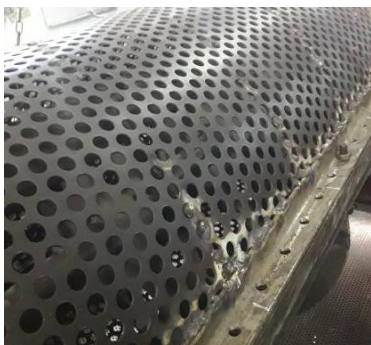
أُسطوانة الدرّاس (وحدة الدرّاس)، وأبعاد ثقوب صدر الدرّاس، والبعد بين ثقوب صدر الدرّاس، وشكل الثقب ( دائري، مربع، مستطيل ..... الخ) (الشكل ٢).

من خلال ما سبق فقد أخذ بالاعتبار ما يلي:

$q_p^b$  ،  $q_p^n$  - التأثير الموجب لمعدل التغذية على فصل الحبوب.

$e^{c.q_p}$  ،  $e^{m.q_p}$  - التأثير السالب لتخفيض نفاذية القش وانتقالية (transmissibility) طاقة الضرب

عبر السماكات الأكبر لشريط لمحصول.



الشكل (٢): أبعاد ثقوب صدر الدرّاس المستخدم في الدراسة التجريبية

عند دراسة تأثير السرعة يتم أخذ القوة التي تضرب بها المضارب سنابل القمح لإحداث الدرّاس بالاعتبار، وكلما زادت سرعة الدوران زاد تأثير عنصر الدرّاس (مضرب كشط مسنن، مضرب كشط أملس، أسنان مشطية.....) ومنه تزداد قوة الطرد المركزي المؤثرة، وعليه كلما زادت سرعة الدوران كلما كان الوقت اللازم لإنهاء عملية الدرّاس خلال مرور الكتلة النباتية ضمن وحدة الدرّاس أقصر حتى الوصول إلى قيمة أعظمية [12, 13, 14]، وعليه يتم حساب المعاملين  $\lambda$  و  $\beta$  برابطهما بعلاقة أسية مع سرعة الدوران كما يلي.

$$\beta = \frac{a.v}{e^{bv}} \quad (21)$$

$$\lambda = \frac{v^2}{k.e^{mv}} \quad (22)$$

حيث:

$v$  سرعة أسطوانة الدرّاس.

$a, b, k, m$  ثوابت تصميمية.

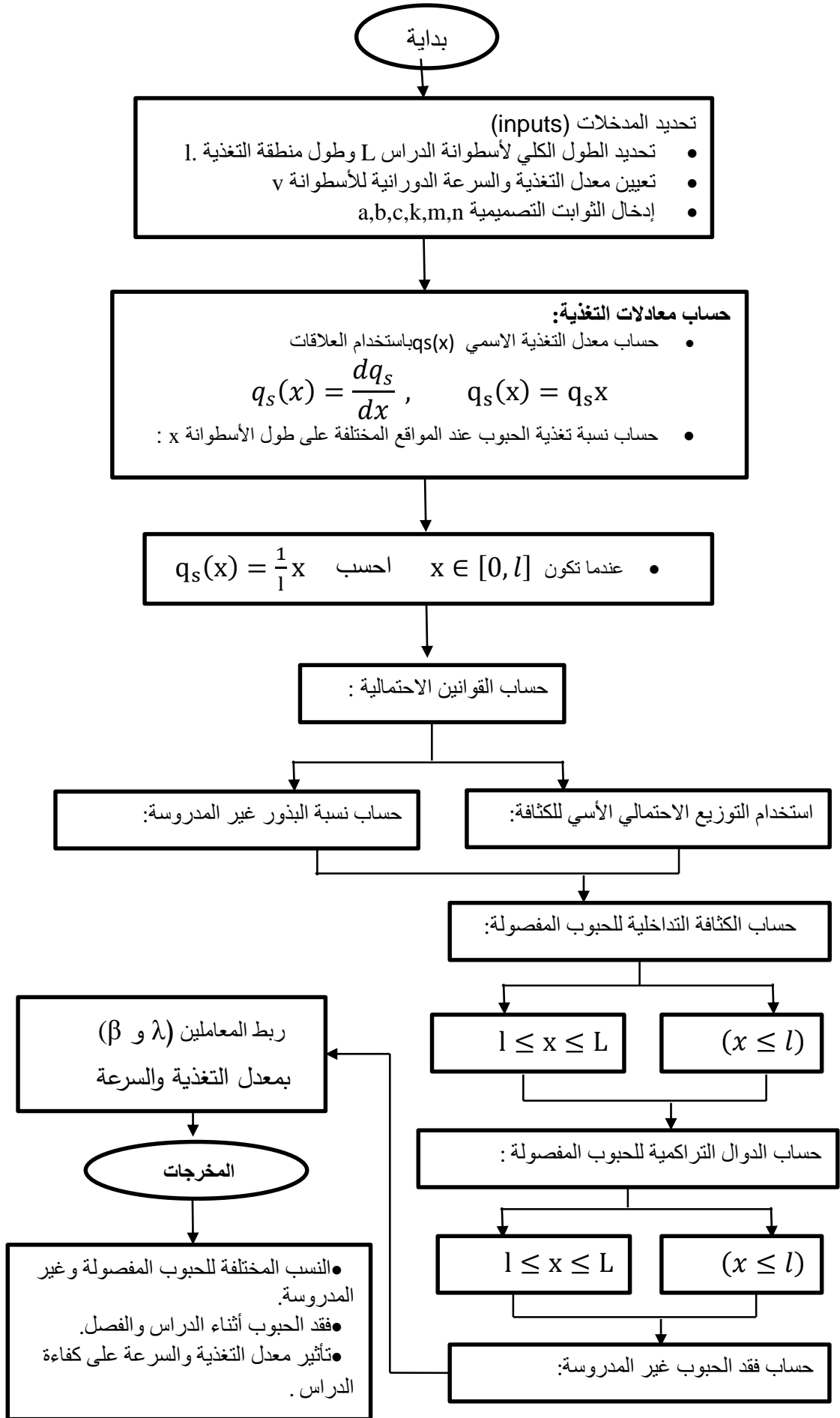
مما سبق يؤخذ بالحسبان ما يلي:

$V, e^{bv}$  التأثير الموجب لزيادة قوة الطرد المركزي وتأثير الدرّاس.

$v^2, e^{mv}$  التأثير السالب لتقليل زمن مرور المحصول (crop stationary time) ضمن حجرة

الدرّاس ونفاذية القش (straw permeability).

يتم توضيح الخوارزمية الخاصة بالنموذج الرياضي من خلال المخطط الصندوقي المبين في الشكل (٣).



الشكل (3): المخطط التدفقي لخوارزمية النموذج الرياضي

#### ٤-٢- الاختبارات التجريبية:

استخدم في البحث دراسة من نوع التغذية المماسية وذات التدفق المحوري موجودة في مركز بحوث طرطوس التابع للهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية (الشكل 4)، وفيها تسير الكتلة النباتية بشكل حلزوني عبر وحدة الدراس التي يبلغ طولها الإجمالي (0.8 m)، ويحصل فصل الحبوب عن السنابل نتيجة تأثير ذلك بين مضارب الدراس وبين صدر الدراس، ويتم توجيه الكتلة النباتية بشكل حلزوني من خلال عوارض مائلة على الجزء العلوي لأسطوانة الدراس، وتبلغ زاوية صدر الدراس مساوية (زاوية الإحاطة) ( $135^\circ$ )، وقيمة ( $l=40\text{ cm}$ )، وطول أسطوانة الدراس ( $L=160\text{ cm}$ ) بنصف قطر (25 cm).

أجري الاختبار في صيف ٢٠٢٤ م على قمح شتوي منتج في مركز البحوث العلمية الزراعية بطرطوس بالخصائص التالية:

١. الرطوبة النسبية للكتلة النباتية باستثناء البذور (MOG) تراوحت بين % (12-32).
٢. متوسط طول السوق النباتية 0.87 m.
٣. نسبة MOG/الحبوب : ١/١,٢.

تم تغذية الدراسة بالكتلة النباتية بحيث يكون هنالك ثبات في التغذية، بمعدل تغذية للكتلة النباتية تراوح بين ( $0.5-3\text{ kg/s}$ ) بسرعة دوران مماسية لأسطوانة الدراس تراوحت بين ( $25-35\text{ m/s}$ ).



الشكل (4): وحدة دراس مماسية التغذية محورية التدفق المستخدمة في البحث

#### ٥- النتائج والمناقشة

بعد حساب العاملين ( $\lambda$  و  $\beta$ ) تجريبياً لتقدير معدلات الفصل لعملية الدراس مع أخذ العوامل التشغيلية والتصميمية المختلفة لوحدة الدراس مع خصائص المحصول بالاعتبار والمذكورة في الفقرة السابقة، تم تقدير كفاءة المحاكاة من خلال مقارنة قيم النتائج التجريبية لمعدلات الفصل على كامل طول أسطوانة الدراس مع نتائج النمذجة من خلال استخدام قيم معاملات الارتباط بين النتائج  $R^2$ .

تبين أن قيمة المعامل  $\lambda$  تتراوح بين (3.97-4.87) وقيمة المعامل  $\beta$  تتراوح بين ( $0.962-0.942$ ) m-1، بقيم معاملات ارتباط تتراوح بين ( $0.962-0.942$ ) m-1.

أخذين بعين الاعتبار نسبة الفقد، فقد أظهر النموذج الذي تم إعداده قيم تنبؤيه كما يلي:

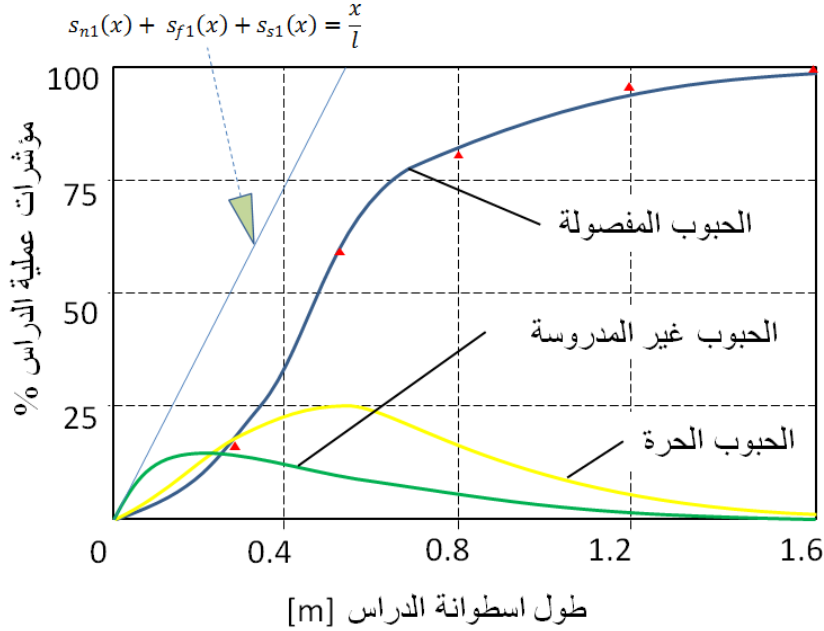
فقد عملية الدراس:

$$V_t = s_{n2}(1.6) = 0.018\% \dots 0.094\%$$

فقد عملية الفصل:

$$V_s = s_{f2}(1.6) = 0.46\% \dots 1.92\%$$

ويظهر الشكل (5) نتائج عملية النمذجة لكل من نسبة الفصل ونسبة الحبوب المفقودة ونسبة الحبوب المدروسة عندما تكون قيمة  $\beta = 3.465 \text{ m}^{-1}$  و  $\lambda = 4.42 \text{ m}^{-1}$ . وتظهر في هذا المخطط (الشكل ٤) قيم النتائج التجريبية على شكل إشارات مثلثية صغيرة، بينما تظهر نتائج النمذجة على شكل خطوط مستمرة. ومن خلال هذا المخطط يمكن ملاحظة أن أعظم قيمة لنسبة الحبوب غير المدروسة تظهر عند  $(x=0.18 \text{ m})$  وتظهر القيمة الأعظمية لنسبة الحبوب الحرة  $s_f(x)$  بنسبة (25%) تقريبا عند  $(x= 0.53 \text{ m})$ . بلغت قيمة الخطأ النسبي الاعظمي ( $eb_{max} = 1.03\%$ ) والخطأ النسبي الأصغري ( $eb_{min} = 0.115\%$ ) ومتوسط الخطأ النسبي ( $ep = 0.317\%$ )، تعكس هذه القيم دقة النموذج الموضوع في محاكاة عملية الدراس.

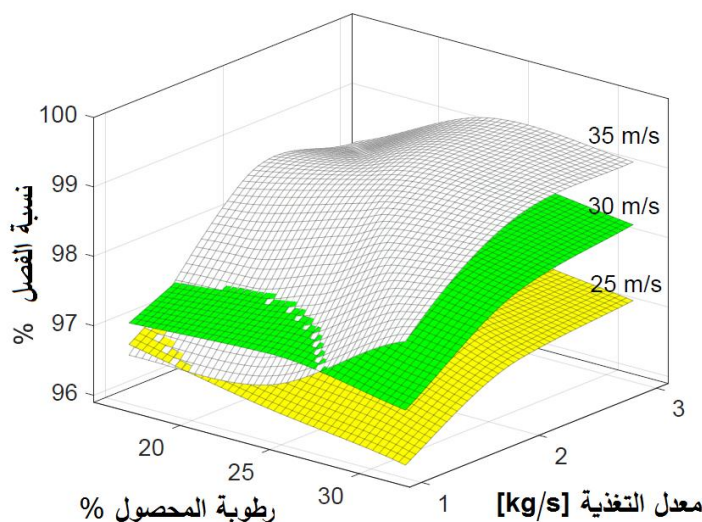


الشكل (5): مؤشرات عملية الدراس

ويوضح الشكل (6) تأثير كل من معدل التغذية ورطوبة الحبوب على نسبة الفصل لكل سرعة دوران لأسطوانة الدراس لمحصول القمح. كما يمكن ملاحظة أن زيادة رطوبة المحصول عن 25% سيؤدي إلى انخفاض نسبة الفصل بحوالي (0.5-1.1%) وذلك نتيجة ارتفاع قيم معاملات الاحتكاك بين الحبوب وبين المواد MOG، وبالتالي صعوبة فصل الحبوب عن السنابل، وأن زيادة رطوبة المحصول ستغير من الخصائص الفيزيائية لسوق النباتات كالمرونة ومقاومة الانحناء حيث تزداد المرونة ومقاومة الانحناء مما قد يسبب استعصاءات داخل وحدة الدراس ويقلل من خصائص الاحتكاك بين مضرب الدراس والسنابل. لكن توضح النتائج المحافظة على نسبة الفصل عالية بزيادة الرطوبة عند رفع سرعة دوران اسطوانة الدراس، إلا أنه وفي الواقع العملي، ترافق ذلك مع زيادة نسبة الضرر للحبوب المدروسة، بلغت نسبة الفصل قيمة عليا 99.416% عند سرعة محيطية لمضرب الدراس 35 m/s ورطوبة محصول 25% ومعدل تغذية 3 kg/s. كما زادت نسبة

الفصل من 97.326% حتى 99.416% عند زيادة السرعة من 25 m/s إلى 35 m/s عند نفس مستويات الرطوبة.

ويلاحظ أن نسبة الفصل تزداد بزيادة معدل التغذية من 1 kg/s إلى 3 kg/s بمعدل (0.72-2.09)% بشكل واضح نتيجة زيادة قيمة الضغط على المحصول المحصور بين أسطوانة الدراس و صدر الدراس، وبالتالي زيادة قوى الاحتكاك بين السنابل ومضارب الدراس.



الشكل (6): تأثير معدل التغذية ورطوبة المحصول على نسبة الفصل

وكما وضحت النتائج السابقة، فإن التوافق بين النتائج التجريبية ونتائج النمذجة كان جيداً جداً، وبالتالي يمكننا اعتبار أن النموذج المطروح في هذه الدراسة أداة جيدة للتنبؤ بكل من عمليتي الفصل والدراس عند مؤشرات تصميمية وتشغيلية معينة، ومنه توفير الكثير من الوقت والجهد لاحقاً خلال عمليتي التصميم والتصنيع.

## ٥. الاستنتاجات والتوصيات

### الاستنتاجات:

- يرتفع معدل الفصل مع زيادة معدل التغذية بنسبة (0.72-2.09)% ، مما يعكس تحسناً في الكفاءة.
- تتخفف نسبة الحبوب المدروسة مع ارتفاع رطوبة المحصول، بسبب زيادة مقاومة المواد للتفكك.
- تزداد فعالية عملية الفصل مع زيادة سرعة دوران اسطوانة الدراس بنسبة 2.09%، مما يحسن من الكفاءة العامة للعملية، خاصة عند زيادة معدلات التغذية.
- أظهرت النتائج المستخلصة من النموذج أن هناك تأثيراً كبيراً لمعدل التغذية على كل من المعاملين ( $\lambda$  و  $\beta$ ).
- أظهرت النتائج توافقاً جيداً بين القيم التي تم التنبؤ بها من خلال النمذجة والنتائج التجريبية بمتوسط خطأ نسبي لم يتجاوز ( $ep = 0.317\%$ ).
- توفر النمذجة معلومات دقيقة حول فاعلية عملية الدراس والفصل في وحدة الدراس، مما يساعد في تحسين عملية التصميم.

### التوصيات:

١. يوصى باستخدام النماذج الرياضية المدروسة لإجراء تحسينات على تصميم وحدات الدراس، خاصةً فيما يتعلق بالسرعة والتغذية لتحديد المعايير الأمثل لعملية الفصل والدراس.
٢. دراسة تأثير رطوبة المحصول على أداء الدراس والفصل.
٣. توسيع استخدام النمذجة الرياضية في تحسين عمليات أخرى تتعلق بالحصاد والفصل، بما في ذلك التأثيرات المتعلقة بنوع المحصول وظروف البيئة المختلفة.

## المراجع العلمية:

1. MIU, P.I. (2001). *Optimal Design and Process of Threshing Units Based on a Genetic Algorithm*. II. ASAE journal
٢. ابراهيم، قيس. ٢٠٢٣. تحسين خصائص المضارب في جهاز الدراس باستخدام تكنولوجيا تليبيد المساحيق المعدنية، أطروحة دكتوراه، كلية الهندسة التقنية، جامعة طرطوس.
3. MIU, P.I. (1994). *Concave separation in a tangential threshing unit*. ASAE Paper No. 941544. ASAE. St. Joseph, Mich.
4. MIU, P.I. (1995). *Modelarea procesului de treier la combinele de recoltat cereale (Mathematical Modelling of Threshing Process in Cereal Combine Harvesters)*, Ph.D. diss. 'Politehnica' University, Department of Agricultural Engineering. Bucharest
5. MIU, P.I. (2001). *Modelling of the separation process of MOG components in threshing units*, The 28th International Symposium, Opatija, Croatia. Proceedings pp:183-190.
6. MIU, P.I.; KUTZBACH, H.D. (2000). *Simulation der Dresch- und Trennprozesse in Dreschwerken (Simulation of Threshing and Separation Processes in Threshing Units)*. Agrartechnische Forschung Sonderheft, Vol. 6, pp: 1–7.
7. WACKER, P. (1985). *Untersuchungen zum Dresch- und Trennvorgang von Getreide in einem Axialdreschwerk, (Researches on Cereal Threshing and Separation Process in an Axial Threshing Unit)*. Doctoral Thesis. Hohenheim University, Institute of Agricultural Engineering.
8. MIU, P.I.; BECK, F.; KUTZBACH, H.D. (2008). *Modeling and simulation of grain threshing and separation in axial threshing units: Part II. Application to tangential feeding*. Computers and Electronics in Agriculture. Vol: 60,1. pp: 105-109. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2007.07.004>
9. MIU, P.I. ( 2008). Modeling and simulation of grain threshing and separation in threshing units—Part I. 2008. *computers and electronics in agriculture*. Vol. 6. Pp: 96–104.
10. MANES, G.S.; DIXIT, A.; SINGH, A. ET AL. (2015). *Comparative Performance Evaluation of Axial Flow and Tangential Axial Flow Threshing System for Basmati Rice (Oryza sativa)*. Agric Res. Vol: 4. pp: 303–308 . <https://doi.org/10.1007/s40003-015-0169-3>
11. WACKER, P. (2012). *Die Korn- und Strohabseidung in Axialdreschwerken, (Grain and Straw Separation in Axial Threshing Units)*, 10 Internationaler Kongress für Landwirtschaftstechnik. Budapest. Vol: 3. pp: 328-335.
12. WACKER, P. (1990). *Einflussgrößen auf die Arbeitsqualität von Axial- und Tangentialdreschwerken, (Parameters that influence the quality work of Axial and Tangential Threshing Units)*. Agrartechnik. Vol: 40, 3. pp: 102-104.
13. SONNENBERG, H. (2009). *Korn-Stroh-Trennung mit einer Umlenktrommel, (Grain and Straw Separation in a Threshing Unit)*. Grundlagen der Landtechnik. Vol: 21, 6. pp: 169-172.
14. LO, A. (2001). *Untersuchungen zum Druschverhalten von Körnermais in einem Axialdreschwerk, (Researches of Corn Threshing in an Axial Threshing Unit)*. Doctoral Thesis, Hohenheim University, Stuttgart, Germany.