جامعة الشهيد عبد الحفيظ بوالصوف ميلة

قسم اللغة والأدب العربي السنة الأولى ماستر لسانيات تطبيقية

أستاذ المادة: ع.ح معزوز

محاضرة 2: تحديات حوسبة المستوى الصرفي في اللغة العربية

.مقدمة

تُعدّ **الحوسبة الصرفية للغة العربية** من أكثر المجالات تعقيدًا في معالجة اللغات الطبيعية (Natural Language Processing)، نظرًا للخصائص البنيوية الفريدة التي تتميز بها العربية مقارنة باللغات الهندوأوروبية.

ويهدف المستوى الصرفي إلى تحليل بنية الكلمة واستخراج مكوناتها مثل :**الجذر، الوزن، اللواحق، السوابق، والسمات النحوية**.

تمثل هذه المرحلة الأساس الذي تُبنى عليه تطبيقات عديدة مثل:

- الترجمة الآلية،
- التدقيق الإملائي،
- البحث الدلالي،
- التعرف الآلي على الكلام،
- تحليل النصوص العربية.

.2مفهوم المستوى الصرفي في اللغة العربية

المستوى الصرفي هو المستوى المسؤول عن دراسة **بنية الكلمة الداخلية** وتحولاتها.

مثال:

الكلمة :**وَسَيَكْتُبُونَهَا**

التحليل الصرفي:

العنصر	الوظيفة
و	حرف عطف
س	علامة الاستقبال
يكتب	الفعل (الجذر: كتب)
ون	علامة جمع المذكر
ها	ضمير مفعول به

➡كلمة واحدة تحمل معلومات نحوية ودلالية متعددة، وهو ما يشكل تحديًا حوسبيًا كبيرًا.

.3خصائص النظام الصرفي العربي

أ. الاشتقاق الجذري(Root-and-Pattern System)

تعتمد العربية على:

- **الجذر** (غالبًا ثلاثي)
- **الوزن الصرفي**

مثال:

الكلمة	الوزن	الجذر
كتب	فَعَلَ	كتب
مكتوب	مفعول	كتب
كاتب	فاعل	كتب

نفس الجذر يولد عددًا كبيرًا من الكلمات.

التحدي الحوسبي: استخراج الجذر آليًا ليس عملية مباشرة.

ب. الإلصاق(Agglutination)

العربية تسمح بتجميع عدة وحدات في كلمة واحدة.

مثال:

فسيكتبونها

تمثل جملة مصغرة داخل كلمة.

إشكال حوسبي:

- ضرورة فصل اللواحق بدقة.
- احتمال تعدد التحليلات.

ج. غياب الحركات (التشكيل)

النصوص العربية غالبًا غير مشكولة.

مثال:

علم

يمكن أن تُقرأ:

- عَلِمَ (فعل)
- عِلْم (اسم)
- عَلَم (راية)

نفس الشكل الكتابي ⟵ معانٍ مختلفة.

4.التحديات الأساسية في حوسبة المستوى الصرفي

4.1الغموض الصرفي(Morphological Ambiguity)

مثال تطبيقي:

الجملة:

دخل الطالب الفصل

كلمة **دخل** قد تكون:

1. فعل ماضٍ
2. اسم (مصدر)

الحاسوب يحتاج إلى **السياق** للحسم.

4.2صعوبة استخراج الجذر

مثال:

الكلمة	الجذر الحقيقي
استغفار	غفر
مكتبة	كتب
تواصل	وصل

الخوارزميات البسيطة قد تخطئ:

- حذف زائد،
- أو الاحتفاظ بحروف زائدة.

4.3التعدد الاشتقاقي

الجذر الواحد يولد عشرات الكلمات:

جذر :**علم**

- عالم
- تعليم
- معلومة
- استعلام

- إعلام

➡يسبب انفجارًا معجميًا.(Lexical Explosion)

4.4اللواصق المتعددة

مثال:

وبكتابهم

التحليل:

نوع	جزء
حرف عطف	و
حرف جر	ب
اسم	كتاب
ضمير	هم

التحدي:

- تحديد حدود المورفيمات بدقة.

4.5الكلمات غير القياسية

مثل:

- اللهجات،
- الأخطاء الإملائية،
- الكلمات الدخيلة.

مثال:

تلفاز / موبايل / انترنت

يصعب تحليلها صرفيًا وفق الأوزان التقليدية.

5.مناهج المعالجة الحاسوبية للمستوى الصرفي

5.1المقاربة القاعدية(Rule-Based)

تعتمد على:

- قواعد صرفية،
- أوزان،
- قوائم جذور.

5.2المقاربة الإحصائية

تعتمد على:

- تردد الكلمات،
- نماذج احتمالية.

مثال: اختيار التحليل الأكثر احتمالًا حسب السياق.

5.3المقاربة العصبية الحديثة(Deep Learning)

تستخدم:

- الشبكات العصبية،
- نماذج المحولات.(Transformers)

تتعلم الأنماط الصرفية تلقائيًا دون قواعد صريحة.

6.تحليل أمثلة تطبيقية

المثال 1

النص:

سيستخرجون المعلومات

التحليل:

التحليل	الوحدة
استقبال	س
فعل مضارع	يستخرج
جمع	ون
مفعول به	المعلومات

الجذر :**خرج**

التحدي:

- التعرف على صيغة **استفعل**.

المثال 2

النص:

كتب الطالب الدرس

كلمة "كتب:"

التحليل	احتمال
كتبَ	فعل
كُتُب	اسم

الحل الحوسبي: تحليل سياقي يعتمد على ترتيب الجملة.

المثال 3

النص غير المشكول:

شاهد المعلم الطالب

من الفاعل؟

- شاهدَ المعلمُ الطالبَ
- شاهدَ المعلمَ الطالبُ

➡ الغموض ينتقل من الصرف إلى النحو.

.7تطبيقات عملية لحوسبة الصرف العربي

- محركات البحث العربية.
- أنظمة الترجمة الآلية.
- استخراج المعلومات.
- المساعدات الصوتية.
- التعليم الإلكتروني.

تمثل حوسبة المستوى الصرفي في اللغة العربية تحديًا علميًا بسبب:

- البنية الجذرية،
- كثرة الاشتقاق،
- غياب التشكيل،
- الإلصاق اللغوي.

ومع تطور الذكاء الاصطناعي، أصبحت النماذج الحديثة قادرة على تجاوز كثير من هذه الصعوبات، إلا أن الدمج بين **المعرفة اللغوية التقليدية** و**التعلم الآلي** يبقى الحل الأكثر فاعلية.

8.نماذج تطبيقية لآلية عمل المعالج الحاسوبي في النظام الصرفي للغة العربية

.1مدخل عام

لا يقوم الحاسوب بفهم الكلمة العربية كما يفعل الإنسان، بل يعالجها عبر سلسلة عمليات حسابية متتابعة تهدف إلى تحويل الكلمة من شكلها الكتابي إلى تمثيل لغوي منظم يحتوي على:

- الجذر

- الوزن
- نوع الكلمة
- السمات الصرفية والنحوية

وتتم هذه العملية عبر ما يسمى **خط أنابيب المعالجة الصرفية**.**(Morphological Processing Pipeline)**

.2النموذج الأول: المعالجة القاعدية(Rule-Based Morphological Processor)

المثال التطبيقي

الكلمة المدخلة:

فسيكتبونها

مراحل عمل المعالج

المرحلة 1: الإدخال

" = Inputفسيكتبونها"

المرحلة 2: اكتشاف اللواصق

يقارن المعالج الكلمة بقوائم محفوظة:

القائمة	النوع
ف، و، س، ب، ل	السوابق
ون، ات، ها، هم	اللواحق

الناتج:

ف + س + يكتب + ون + ها

المرحلة 3: تحديد الجذع(Stem Detection)

يتم حذف اللواصق:

= Stemيكتب

المرحلة 4: مطابقة الأوزان

يقارن النظام الجذع مع قالب وزني:

يكتب ↔ يفعل

فيستنتج:

- الجذر = كتب
- الزمن = مضارع

المرحلة 5: إنتاج التحليل النهائي

Verb

كتب:Root

Tense: Future

Number: Plural

ها:Object

.3النموذج الثاني: المعالجة باستخدام الآلة محدودة الحالات

(Finite State Morphology)

يعتمد هذا النموذج على تحويلات رياضية بين الحالات.

مخطط العمل

بداية

↓

قراءة حرف

↓

هل هو سابقة؟

↓ نعم

انتقال لحالة السوابق

↓

قراءة الجذع

↓

مطابقة وزن

↓

قراءة لاحقة

↓

نهاية التحليل

مثال تطبيقي

الكلمة:

وبكتابهم

انتقالات الحالات:

Start → و → ب → كتاب → هم → Accept

الناتج الصرفي:

توصيف	عنصر
عطف	و
جر	ب
اسم	كتاب
ضمير	هم

.4النموذج الثالث: المعالج الإحصائي السياقي

المعالج هنا لا يعتمد فقط على الكلمة بل على الجملة.

المثال

الجملة:

كتب الطالب الدرس

الكلمة:

كتب

التحليلات الممكنة:

1. فعل ماضٍ
2. اسم جمع (كُتُب)

آلية القرار الحاسوبي

يحسِب النظام احتمال كل تحليل:

P(فعل | الطالب بعده) = 0.92

P(اسم | الطالب بعده) = 0.08

⟵ يختار التحليل الأعلى احتمالًا.

.5النموذج الرابع: المعالجة العصبية الحديثة(Neural Morphological Analyzer)

يعتمد على التعلم العميق.

خطوات التشغيل

التدريب

يدخل للنموذج آلاف الأمثلة:

كتب=root ⟶ كتب

مكتبة=root ⟶ كتب

استكتاب=root ⟶ كتب

فيتعلم الأنماط تلقائيًا.

أثناء التنفيذ

الإدخال:

سيستخرجون

يمثل الحاسوب الكلمة كمتجهات رقمية:

[0.34, 0.87, 0.12 ...]

ثم يتنبأ:

خرج= Root

استفعل= Pattern

POS = Verb

.6نموذج خوارزمية تحليل صرفي(Pseudo-Code)

function MorphologicalAnalysis(word):

prefixes = detect_prefixes(word)

suffixes = detect_suffixes(word)

stem = remove_affixes(word)

patterns = match_patterns(stem)

root = extract_root(patterns)

features = assign_features(root, pattern)

return morphological_structure

.7مثال شامل لمحاكاة عمل المعالج

النص:

وسيستقبلونهم

التنفيذ الداخلي

الناتج	المرحلة
وسيستقبلونهم	الإدخال
و + س	فصل السوابق
يستقبل	تحديد الفعل
يستفعل	استخراج الوزن
قبل	استخراج الجذر
ون + هم	تحديد اللواحق
فعل مضارع مستقبل جمع	الإخراج

.8مخطط شامل لعمل المعالج الصرفي

النص

↓

تجزئة الكلمات

↓

اكتشاف اللواصق

↓

تحديد الجذع

↓

مطابقة الأوزان

↓

استخراج الجذر

↓

التحليل السياقي

↓

التمثيل الصرفي النهائي

9.خلاصة تطبيقية

يعمل المعالج الصرفي العربي عبر تكامل ثلاث طبقات:

1. طبقة لغوية (الأوزان والقواعد)
2. طبقة حسابية (الخوارزميات)
3. طبقة تعلم آلي (النماذج الذكية)

وكلما ازداد دمج هذه الطبقات ارتفعت دقة فهم النص العربي آليًا.