الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

جامعة– ميلة –

المحاضرة الثانية لمادة: تصميم شبكات اللوجيستيك بالذكاء الاصطناعي

موجّهة لطلبة الماستر مالية و تجارة دوليّة

عنوان المحاضرة : العلاقة بين اللوجستيك و الذكاء الاصطناعي

مقدمة:

في ظل التعقيد المتزايد لسلاسل التوريد وشبكات اللوجستيك العالمية، بات الذكاء الاصطناعي أداةً أساسية لتحسين الأداء وتخفيض التكاليف. يتيح الذكاء الاصطناعي (AI) استخدام خوارزميات تعلم الآلة والتعلم العميق لتحليل كميات هائلة من البيانات التشغيلية، مما يحسن التنبؤ بالطلب، وإدارة المخزون، وتخطيط المسارات، وغيرها من المهام المعقدة في اللوجستيك. تتكامل هذه التقنيات الذكية مع نظم إنترنت الأشياء والمعطيات اللحظية (Real-Time Data) لتوفير استجابة أسرع وأكثر مرونة للمتغيرات مثل الطقس وحركة المرور واحتياجات العملاء. حسب تقرير لGartner ، من المتوقع أن تُدمَج تقنيات الذكاء الاصطناعي في نحو 75% من تطبيقات إدارة سلسلة التوريد بحلول عام 2026، مما يعكس التوجه الواضح نحو الشبكات اللوجستية الذكية.

- الذكاء الاصطناعي يُعزز كفاءة سلسلة التوريد عبر تحليل البيانات الضخمة.
- يشمل استخدامات مثل التنبؤ بالطلب، إدارة المخزون، وتحسين التخطيط.
- حوالي 75% من تطبيقات إدارة اللوجستيك ستدمج تقنيات AI بحلول 2026.

التطبيقات الرئيسية للذكاء الاصطناعي في مجال اللوجستيك

في السنوات الأخيرة، ظهرت تطبيقات متقدمة للذكاء الاصطناعي في اللوجستيك تشمل التنبؤ بالطلب، إدارة المخزون الديناميكية، وتحسين مسارات النقل. يساعد الذكاء الاصطناعي على: جمع وتحليل البيانات التاريخية وحركة السوق للتنبؤ بدقة بالمبيعات المستقبلية، وتحسين مخطط الإنتاج والتموين. كما يتم الاستفادة منه في الأتمتة الروبوتية بالمستودعات؛ حيث تعمل الذكاء الحاسوبي ورؤية الحاسوب على توجيه أذرع وروبوتات مستقلة لجمع وفرز البضائع بكفاءة عالية. بالإضافة إلى ذلك، تساهم أنظمة الذكاء الاصطناعي في اختيار أسلم وأسرع طرق التوصيل، مستفيدةً من تحليل بيانات حركة المرور والطقس في الوقت الحقيقي.

الذكاء الاصطناعي يعزز أيضا سلامة وكفاءة المخازن، حيث يمكن للروبوتات الذكية تفقد أماكن العمل وتنبيه المشغلين لأي مخاطر. علاوة على ذلك، تُمكن أدوات الذكاء الاصطناعي الشركات من تحسين الخدمات اللوجستية بما يرفع رضا العملاء ويسرع عمليات التسليم.

- الذكاء الاصطناعي يطبق التنبؤ بالطلب لإدارة المخزون بشكل أفضل.
- يستخدم الروبوتات وتحليل الفيديو في المستودعات لزيادة الكفاءة.

- يحسّن تخطيط الطرق ليقلل الزمن والتكلفة (تخفيض استهلاك الوقود).
- يسهم في استدامة اللوجستيات (تقليل الانبعاثات وتبسيط العمليات).

التنبؤ بالطلب وإدارة المخزون

تتيح خوارزميات التنبؤ الذكية استخدام معطيات المبيعات السابقة، والطقس، والمواسم لتقدير الطلب المستقبلي بدقة. على سبيل المثال، قدر مهندسو أمازون الطلب على أكثر من 400 مليون منتج يومياً خلال موسم تخفيضات محدد باستخدام أنظمة الذكاء الاصطناعي. يسهم التنبؤ الدقيق في تحسين معدلات ملء الطلبيات وتفادي نفاد المخزون. تبنت شركات كبرى أدوات تنبؤ ذكية حسّنت الدقة التنبؤية بما يصل إلى 15% (مما يعني دقة تفوق 95%) ، وخفضت أخطاء التوقعات بنسبة تصل إلى 50 % هذه التحسينات تؤدي إلى تقليل تكاليف التخزين وتجنب مشكلات البيع الفائت .

- التنبؤ بالطلب المدعوم بالذكاء الاصطناعي يزيد دقة التوقعات (دقة تتجاوز 95%).
- التنبؤ الذكي يقلل الأخطاء بنسبة تصل إلى 50% ويخفض تكاليف المخزون.
- يحسّن معدل تلبية الطلب ورضا العملاء عبر إعادة التموين المبكر.

تحسين مسارات النقل وعمليات التوزيع

تحليل البيانات الضخمة باستخدام AI يسمح بتخطيط مسارات نقل أكثر كفاءة. تعمل الخوارزميات على إيجاد الطرق الأقصر والأقل استهلاكاً للوقود، مع مراعاة حركة المرور والقيود الزمنية لكل تسليم. حسب تقارير McKinsey، يمكن لخوارزميات الذكاء الاصطناعي في اللوجستيات تحسين تكاليف النقل بمقدار يصل إلى 15%، وزيادة مستوى الخدمة بنسبة 65%. كما يساعد توظيف الذكاء الاصطناعي في جدولة المركبات وتنسيقها مسبقاً على تقليل الإطارات المقطوعة والمسافة المقطوعة غير الضرورية. مثال شهير هو نظام ORION الخاص بشركة UPS ، حيث وفر هذا النظام المتقدم حوالي 10 ملايين برميل من الوقود سنوياً وخفض ما يقرب من 100 ألف طن من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، وتجنب تكاليف سنوية تقدر بـ300-400 مليون دولار.

" **نظام ORION يستخدم خوارزميات الذكاء الاصطناعي وتحليل البيانات الضخمة** من أجل تحديد **المسار الأمثل** لكل شاحنة توصيل يوميًا.

- يقوم النظام بتحليل **ملايين البيانات** القادمة من:
  - مواقع العملاء.
  - أحجام الطرود وأولوياتها.
  - حركة المرور اللحظية.
  - قيود الوقت (متى يجب أن يصل الطرد).
  - عدد المركبات والسائقين المتاحين.
- بعد ذلك، يولّد النظام خطة طريق مثالية **تقلل المسافة والوقت واستهلاك الوقود** إلى الحد الأدنى.

طريقة العمل التقنية

- يعتمد ORION على **خوارزميات التحسين الرياضي (Optimization Algorithms)** مثل:
  - خوارزمية المسار الأقصر.(*Shortest Path*)
  - خوارزمية البائع المتجول.(*Travelling Salesman Problem*)
  - تقنيات **التعلم الآلي** لتحسين دقة التوقعات بمرور الوقت.
- يتم تشغيل النظام بشكل **لحظي(Real-Time)** ؛ أي أنه يعدّل المسار أثناء سير المركبة إذا تغيرت ظروف الطريق (ازدحام، حادث، طقس...).

النتائج الميدانية لشركة UPS

منذ تطبيق النظام على نطاق واسع، حققت UPS نتائج مبهرة:

- ✅ **توفير حوالي 10 ملايين برميل من الوقود سنويًا**.
- ✅ **خفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بنحو 100 ألف طن سنويًا** أي ما يعادل إزالة أكثر من 20 ألف سيارة من الطرق.
- ✅ **تخفيض المسافة المقطوعة بمقدار100 مليون ميل سنويًا**.
- ✅ **توفير مالي يتراوح بين 300 إلى 400 مليون دولار سنويًا** في تكاليف التشغيل.
- ✅ زيادة **كفاءة السائقين** وخفض عدد الساعات الضائعة بنسبة كبيرة.

الأثر اللوجستي والبيئي

- على الصعيد **اللوجستي** :النظام ساعد UPS في تحسين سرعة التسليم ودقة مواعيد الوصول بشكل كبير.
- على الصعيد **البيئي** :قلّل من الانبعاثات الكربونية، مما جعل UPS أكثر التزامًا بأهداف الاستدامة.
- على الصعيد **الاقتصادي** :رفع هامش الربح وخفّض التكاليف التشغيلية.

مثال توضيحي بسيط :

تخيل أن شاحنة UPS يجب أن تسلّم 120 طردًا في 100 عنوان مختلف بمدينة مزدحمة. بدون ORION، يختار السائق المسار حسب خبرته، مما قد يضيف عشرات الكيلومترات غير الضرورية. أما مع ORION، فيحسب النظام أفضل ترتيب للزيارات والمسارات **في ثوانٍ**، فيوفر وقتًا ومسافةً كبيرة ويستهلك وقودًا أقل.

- AIيحسن تخطيط المسارات لتقليل استهلاك الوقود وتقصير أوقات التوصيل.
- نظام UPS (ORION) وفر 10 مليون جالون وقود وخفض 100 ألف طن من CO_2 سنوياً.
- شركات الذكاء الاصطناعي تتنبأ بالازدحام المروري لتجنب التأخير وتحسين الدقة

الأتمتة الروبوتية في المستودعات

أدى دمج الروبوتات في بيئات العمل اللوجستيّة إلى نتائج مذهلة. تعتمد العديد من الشركات الكبرى على أنظمة روبوتية ذكية لفرز الطرود ونقلها ضمن المستودعات. على سبيل المثال، ربطت DHL شراكة مع شركة Dorabot لتشغيل روبوتات "DHLBots" التي تستطيع فرز أكثر من 1000 طرد صغير في الساعة بدقة تصل إلى 99%. أسفرت هذه الروبوتات عن زيادة سعة الفرز بما يقارب 40%، مما قلل الاعتماد على الفرز اليدوي الثانوي بشكل كبير. كذلك، استخدمت DHL روبوتات مساعدة (Assisted Picking Robots) مع موظفيها لالتقاط وحزم المنتجات؛ وقد زادت هذه الروبوتات إنتاجية عمليات الالتقاط اليدوي بنسبة 30% إلى 180%. أما أمازون، فقد أتمت أكثر من 200,000 عملية باستخدام الروبوتات في مستودعاتها لالتقاط وفرز البضائع، مما حسّن الكفاءة وخفّض التكاليف خلال مواسم الذروة.

- الروبوتات تزيد من كفاءة المستودعات) مثال: روبوتات فرز DHL تزيد السعة ~40.(%
- "روبوت الاستطلاع Stretch "يمكنه تفريغ حاوية نقل 700 عنصر في الساعة بدقة عالية.
- أمازون تستخدم 200,000 روبوت لمهام الفرز والنقل داخل مستودعاتها.

أمثلة تطبيقية :

أمازون(Amazon)

شركة أمازون رائدة في استخدام الذكاء الاصطناعي في اللوجستيك. فقد استثمرت في نظام إدارة مخزون مُسمى "سكويا (Sequoia) "يعمل بالذكاء الاصطناعي، قادر على تحديد وتخزين المنتجات بنسبة أسرع تصل إلى 75%. أدت هذه التقنية إلى تقليل الجهد البشري بنسبة 15% وتسريع وقت المعالجة بنسبة 25%، ما يساعد في تلبية طلبات التسليم السريع. خلال عام 2020، وفرت أمازون قرابة 1.6 مليار دولار في تكاليف النقل واللوجستيك باستخدام تقنيات تعلم الآلة والذكاء الاصطناعي، وخفضت انبعاثات الكربون بحوالي مليون طن. كذلك، تستخدم أمازون روبوتات التصوير الحاسوبي والنماذج الذكية لتقليل الأخطاء في شحن المنتجات وضمان جودة السلع المرسلة.

- نظام Sequoia للذكاء الصناعي أسرع بنحو 75% في تخزين السلع.
- وفرت أمازون 1.6 مليار دولار وخفضت مليون طن من CO_2 في 2020 بفضل تقنيات.AI
- الروبوتات قُدّرت بـ200,000 مُستخدمة في مستودعات أمازون لزيادة الكفاءة

دي إتش إل(DHL)

شركة DHL العالميّة طبقت الذكاء الاصطناعي في عملياتها التشغيلية. استخدمت الروبوتات الذكية لنقل وفحص الطرود: فبعد نجاح تجربة في ميامي، جهزت DHL مراكزها في آسيا بروبوتات"DHLBots" ، التي تفرز أكثر من 1000 طرد في الساعة بدقة 99%. وقد رفع هذا من سعة الفرز نحو 40%، مما قلل الحاجة لإعادة الفرز اليدوي. كما تعاونت DHL مع شركة Boston Dynamics لتشغيل روبوت حاويات (Stretch) قادر على تفريغ 700 صندوق في الساعة. في المستودعات، زادت الروبوتات المساعدة للالتقاط (AP robots) الإنتاجية بين 30% و180%، مما خفّض الاعتماد على العمالة اليدوية في فترات الذروة.

- روبوتات فرز (DHLBots) DHL تفرز 1000<طرد/ساعة بدقة 99%، مما زاد السعة 40%.
- روبوت "Stretch" لتفريغ الحاويات ينقل حتى 700 قطعة/ساعة.
- روبوتات AP في المستودعات زادت الإنتاجية 30–180%.

علي بابا (Alibaba)

تضم مجموعة *علي بابا* شبكة لوجستية واسعة من خلال ذراعها كاينياو .(Cainiao) حسّنت الشركة لوجستياتها باستخدام الذكاء الاصطناعي: فقد أتمت مستودعاتها الذكية (المستودع المستقبلي) جميع العمليات الروتينية بالروبوتات بحد أدنى من التدخل البشري. تستخدم كاينياو خوارزميات تعلم آلي لرؤية الحاسوب تعمل على فرز البضائع ونقلها داخل المستودعات، وتحليل بيانات الطقس والطلبات لتخطيط التوريد الأمثل. أسفرت هذه التحسينات عن خفض وقت معالجة الطلبات بنسبة 50% أثناء مواسم الذروة، وقد تمكنت المستودعات المؤتمتة من التعامل مع أكثر من مليار طلب في فترة قصيرة دون تأخير. أدى تطبيق الذكاء الاصطناعي في تحسين مسارات التوصيل إلى خفض تكاليف النقل بحوالي 30%، كما زادت إنتاجية المخازن الآلية نحو 70%، وقلّل التنبؤ الذكي من مشاكل نفاد المخزون بنسبة 25%.

- لوجستيات كاينياو استخدمت AI لتقليل زمن الطلبات 50% وتغطية 1مليار طلب في الذروة.
- خفضت كفاءة التخطيط الذكي من تكاليف النقل ~30% وزادت إنتاجية المخازن 70%.
- التنبؤ الذكي قلّل مشاكل نفاد المخزون 25%.

إحصائيات و أثر حديثة:

تشير الدراسات الحديثة إلى تأثيرات إيجابية ملموسة لتطبيقات الذكاء الاصطناعي في اللوجستيك. فقد أظهرت تقارير McKinsey أن الشركات المتبنية مبكراً لـ AIحسّنت تكاليفها اللوجستية بنسبة ~15% ورفع مستوى الخدمة نحو 65%، كما خفّضت احتياطاتها بنسبة 35%. في مجال البيئة والاستدامة، تتوقع DHL أن مساهمة AIفي تحسين التخطيط والمسارات ستخفض الانبعاثات بشكل ملحوظ. كما أثبتت الأبحاث أن أدوات التنبؤ المدعومة بالذكاء الاصطناعي تزيد من دقة التقديرات وتخفض الهدر: فالاعتماد عليها يرفع دقة التنبؤ بنسبة تصل إلى 15% (مع دقة توقع تتجاوز 95%) ، ويقلص الأخطاء التنبؤية بشكل كبير.

- نحو 90% من العملاء يطالبون بخدمة توصيل سريعة، و AIيُعد مفتاح تلبية هذه التوقعات.
- 75%من تطبيقات إدارة سلسلة التوريد ستدمج AI بحلول 2026.
- شركات AI في سلاسل التوريد تخفض التكاليف التشغيلية ~15% وترفع مستويات الخدمة ~65%.
- UPSتقنية ORION وفّرت 10 مليون جالون وقود وخفضت 100 ألف طن CO_2 سنوياً.

مصادروفيديوهات تعليمية

Amazon , DHL , OCADO and GXO :

- https://www.youtube.com/watch?v=0x2STXusvLQ
- **Intelligent Logistics Unlocked with Cainiao AI Transformation**
- https://www.youtube.com/watch?v=3UVQRVJy9g0
- **How Artificial Intelligence Is Rethinking Global Logistics**
- https://www.youtube.com/watch?v=hi-zBUHEJ6M

الخاتمة :

أثبت الدمج بين اللوجستيك والذكاء الاصطناعي قدرته على تعزيز الكفاءة والمرونة في إدارة سلاسل التوريد. من تقليل التكاليف التشغيلية إلى تحسين رضا العملاء وتقليل البصمة البيئية، يشكل الذكاء الاصطناعي ركيزة أساسية في اللوجستيك الحديث. التحدي القادم يكمن في تطوير بنية تحتية بيانات قوية، وضمان أمن المعلومات، وتدريب القوى العاملة على التقنيات الجديدة. ومع التقدم المستمر في مجالات الذكاء الاصطناعي والإنترنت الصناعي للأشياء، سيشهد المستقبل نماذج تشغيل لوجستية أكثر ذكاءً وتعاوناً بين الإنسان والآلة.

- الذكاء الاصطناعي يجمع بين الكفاءة البشرية وقوة المعالجة الآلية لتحسين الخدمات اللوجستية.
- الاستثمارات في الذكاء الاصطناعي تنمو في القطاع اللوجستي (تنبؤ، تخطيط، أتمتة).
- المستقبل: سلاسل توريد ذكية تعتمد على البيانات والروبوتات والتعلم الآلي لتحقيق ميزة تنافسية

د عبد الحق لفيلف .

جامعة ميلة