# الاهـــــداء

إلى من أُرسل رحمةً للعالمين، إلى سيّدنا محمدٍ ﷺ، قدوتنا في العدل، ونورنا في دروب الحقيقة...
إليك يا نبيّ الإنسانية، أهدي ثمرة هذا الجهد المتواضع، علّه يكون خطوة في درب الحق الذي دعوتَ إليه.

وإلى رفيق دربي، زوجي العزيز، الذي كان سندي في مسيرة العلم والعطاء،
وإلى أولادي الأحبّاء، زهرات حياتي ونبض قلبي، الذين استمدّيت من حبهم طاقتي، ومن أجل مستقبلهم آمنت بقيمة المعرفة والتطوير...

أُهدي هذا الكتاب، الذي يتناول "الإطار القانوني للذكاء الاصطناعي في الأدلة الجنائية"، ليكون نبراساً لكل من يسعى إلى بناء منظومة عدالة حديثة، تُحاكي تطورات العصر دون أن تفرّط في مبادئه.

وأُهديه لكل من يحمل شغف المعرفة وروح الإصلاح، ولكل من يدرك أن التقنية ليست غاية بل وسيلة تعزز كفاءة العدالة وتحفظ حقوق الإنسان.

إن هذا العمل جاء ليواكب التحوّلات المتسارعة في عالم الجرائم الرقمية والذكاء الاصطناعي، مسلطًا الضوء على أهمية بناء إطار قانوني متين، يحكم استخدام هذه التقنيات داخل مسرح الجريمة وفي أروقة القضاء.

لعلّ هذا الجهد المتواضع يسهم في ردم الهوّة بين القانون والتكنولوجيا، ويكون مرجعًا لكل باحث وصانع قرار يتطلع إلى مستقبل أكثر نزاهة وأمناً.
هو جهد يطمح إلى أن يجمع بين دقة القانون وذكاء التقنية، في سبيل كشف الحقيقة وخدمة العدالة.

**الدكـــتورة المهـــندســه**

**فـــريال ابراهـــيم الظفيري**

# مقدمة

في عصرنا الحالي، يشهد العالم ثورة تكنولوجية هائلة ترتكز بشكل أساسي على تطور الذكاء الاصطناعي وتقنيات التعلم الآلي، والتي باتت تلعب دوراً محورياً في مختلف المجالات العلمية والطبية والجنائية. يعد علم الأدلة الجنائية من أهم المجالات التي استفادت بشكل كبير من هذه التقنيات الحديثة، حيث أصبح الذكاء الاصطناعي أداة فعالة تعزز من دقة الكشف، وتحليل الأدلة، وتسريع الإجراءات التحقيقية، مما يسهم في تحقيق العدالة بفاعلية أكبر.

هذا الكتاب يقدم رؤية شاملة وعميقة لمجموعة من المواضيع الحيوية في الأدلة الجنائية، بداية من **تقنية الفصل الكروموتوغرافي** التي تستخدم لفصل وتحليل المركبات الكيميائية في العينات الجنائية، حيث ساعدت تقنيات الذكاء الاصطناعي في تحسين تحليل النتائج وتفسيرها بدقة وسرعة غير مسبوقة.

كما يستعرض الكتاب موضوع **المواد المتفجرة والكمائن الخداعية و دراسة الانسجة والشعر والآلياف** ، مع التركيز على دور الذكاء الاصطناعي في تطوير طرق الكشف المبكر وتحليل بيانات الحوادث المتعلقة بالمتفجرات، مما يساهم في الوقاية وتعزيز الأمان.

ويشمل أيضاً مدخلًا إلى **الكيمياء الجنائية**، حيث تمزج الأساليب التقليدية مع أدوات الذكاء الاصطناعي في تحليل الأدلة الكيميائية المعقدة، مما يفتح آفاقاً جديدة لفهم التفاعلات والمواد المستخدمة في الجرائم.

ويناقش الكتاب أهمية **علم الأمصال والدم** في التحقيقات الجنائية، وكيف أسهمت تقنيات الذكاء الاصطناعي في تحسين تحليل العينات البيولوجية، مثل التعرف على الأنماط الوراثية وتحليل الحمض النووي، بالإضافة إلى استخدام التعلم العميق في التنبؤ بنتائج الفحوصات المختبرية.

وبالنسبة لطرق الكشف الكيميائي والمجهري، يقدم الكتاب شرحاً عن كيفية دمج تقنيات الذكاء الاصطناعي في تحليل الصور الميكروسكوبية، والتعرف التلقائي على الجسيمات والمواد الكيميائية في العينات الجنائية، مما يقلل من الخطأ البشري ويزيد من سرعة ودقة الفحوص.

كما يتناول الكتاب موضوع **الأحبار والأصباغ ومحاذيرها**، مع تسليط الضوء على استخدام الذكاء الاصطناعي في التمييز بين أنواع الأحبار والتعرف على التزوير والتلاعب في الوثائق، حيث أصبحت الخوارزميات الذكية أداة لا غنى عنها في مجال التحقق الجنائي.

ويشمل أيضاً فصولاً حول **طرق الكشف الميداني والتحليل المختبري للمخدرات والسموم**، مع توضيح كيف يسهل الذكاء الاصطناعي عملية التعرف على المركبات الكيميائية المعقدة في وقت قياسي، عبر أنظمة تحليل الطيف والتعلم الآلي.

وفي الختام، يعرض الكتاب طرق الكشف والفصل للمتفجرات ومخلفات الحريق، حيث ساعد الذكاء الاصطناعي في تقديم نماذج توقع وتحليل دقيقة لمسرح الجريمة، مستفيداً من البيانات الضخمة وتقنيات التحليل الذكي لتوفير نتائج تدعم التحقيقات القضائية.

## هدف الكتاب

يهدف هذا الكتاب إلى دمج العلوم الجنائية التقليدية مع أحدث تقنيات الذكاء الاصطناعي، ليكون مرجعاً عملياً وأكاديمياً يعين الباحثين والمختصين في مجال الأدلة الجنائية على تحسين جودة التحليل، واكتساب مهارات جديدة في استخدام التكنولوجيا الحديثة، مما يدعم منظومة العدالة الجنائية في عصر الرقمنة.

# الفـــصـــــــل الاول

## تطبيقات الذكاء الاصطناعي على مسرح الجريمة في التحقيقات الجنائية

# مقدمة حول تطبيقات الذكاء الاصطناعي على مسرح الجريمة في التحقيقات الجنائية

شهدت العقود الأخيرة تطورًا هائلًا في تقنيات الذكاء الاصطناعي(Artificial Intelligence - AI) ، مما أتاح توظيفها في العديد من المجالات الحيوية، من أبرزها قطاع العدالة الجنائية والتحقيقات الجنائية. يُعد مسرح الجريمة أحد أهم النقاط المحورية في أي تحقيق جنائي، حيث تُجمع فيه الأدلة التي قد تُسهم في كشف الحقيقة، وتحديد هوية الجاني، وفهم ملابسات الجريمة. ومع ازدياد تعقيد الجرائم وتطور أساليب المجرمين، أصبحت الحاجة ملحة إلى أدوات تحليلية ذكية تدعم المحققين في اتخاذ قرارات دقيقة وسريعة.

يساهم الذكاء الاصطناعي في تحليل البيانات الضخمة المستخرجة من مسرح الجريمة، مثل الصور، والبصمات، والحمض النووي، وتسجيلات الفيديو، وبيانات الاتصالات، ويعمل على دمجها وربطها بأنماط سلوكية وسجلات جنائية سابقة باستخدام تقنيات التعلم الآلي (Machine Learning)ومعالجة اللغة الطبيعية (NLP) ورؤية الحاسوب .(Computer Vision) هذه التقنيات لا تُستخدم فقط لتسريع تحليل الأدلة، بل لتقليل هامش الخطأ البشري وتحسين جودة التقديرات والافتراضات الجنائية.

علاوة على ذلك، يسهم الذكاء الاصطناعي في الكشف عن الأدلة المخفية أو غير الواضحة من خلال تحليل الصور الحرارية أو ثلاثية الأبعاد، وتحسين جودة الفيديوهات، وتحديد التسلسل الزمني للأحداث. كما تُستخدم الخوارزميات في إعادة بناء مشاهد الجريمة رقمياً، مما يساعد الفرق الأمنية على تصور الفرضيات المختلفة وفحص السيناريوهات المحتملة.

تُعزز هذه التقنيات من فعالية التحقيقات، لكنها في الوقت نفسه تطرح تحديات تشريعية وأخلاقية تتعلق بالخصوصية، وسرية المعلومات، واعتماد القضاء على الأدلة المُنتَجة آليًا. لذا، فإن تكامل الذكاء الاصطناعي مع جهود التحقيق التقليدية يتطلب إطارًا قانونيًا وتنظيميًا دقيقًا لضمان عدالة الإجراءات وكفاءة النتائج.

في ضوء ما سبق، يهدف هذا البحث إلى استكشاف أبرز تطبيقات الذكاء الاصطناعي في مسرح الجريمة، وتحليل أثرها على مسار التحقيق الجنائي، مع التطرق إلى أبرز الفوائد، التحديات، والآفاق المستقبلية لهذا التكامل بين التكنولوجيا والعدالة الجنائي

## 1-1 فهم مسرح الجريمة

مسرح الجريمة هو الموقع الذي وقعت فيه الجريمة أو تواجدت فيه أدلة مادية تدعم التحقيق، مثل البصمات، آثار الأقدام، بقع الدم، الأسلحة، أو حتى كاميرات المراقبة. تقليديًا، يعتمد تحليل مسرح الجريمة على جمع الأدلة يدويًا وتحليلها بواسطة خبراء. لكن هذا العمل قد يستغرق وقتًا طويلاً، كما أنه عرضة للأخطاء البشرية.

## 1-2 كيف يُستخدم الذكاء الاصطناعي في مسرح الجريمة؟

### 1-2-1 تحليل الصور والفيديوهات

تُستخدم تقنيات التعرف على الوجوه وتحليل الفيديو المستندة إلى الذكاء الاصطناعي لاستخراج تفاصيل دقيقة من كاميرات المراقبة. يمكن للذكاء الاصطناعي:

- ✧ تعقب تحركات المشتبه بهم.
- ✧ كشف الأشخاص الذين تواجدوا في الموقع.
- ✧ تحسين جودة الصور المشوشة.

### 1-3 تحليل البصمات والحمض النووي

يمكن لخوارزميات التعلم الآلي مقارنة البصمات أو عينات الحمض النووي بسرعة ودقة عالية مع قواعد البيانات الجنائية، مما يسرّع عملية تحديد المشتبه بهم أو الضحايا.

### 1-4 نمذجة مسرح الجريمة ثلاثي الأبعاد

تُستخدم تقنيات الرؤية الحاسوبية لإنشاء نماذج ثلاثية الأبعاد دقيقة لمسرح الجريمة باستخدام الصور أو المسح الليزري. تسمح هذه النماذج للمحققين بإعادة تمثيل الجريمة وفهم الأحداث من زوايا مختلفة.

### 1-5 التنبؤ بأنماط الجرائم

من خلال تحليل البيانات الضخمة(Big Data) ، يمكن للذكاء الاصطناعي التنبؤ بمواقع وقوع الجرائم المستقبلية أو تحديد نمط محدد لمجرم متسلسل، وهو ما يُعرف بـ "التنميط الإجرامي."

❖ **مميزات استخدام الذكاء الاصطناعي في مسرح الجريمة**

- ✧ **السرعة والدقة** :يقلل الاعتماد على الذكاء الاصطناعي من الوقت اللازم لتحليل الأدلة.
- ✧ **الحد من التحيز البشري** :يعمل الذكاء الاصطناعي بمعايير موحدة، ما يقلل فرص الخطأ أو التحيز.
- ✧ **المساعدة في القضايا المعقدة** :يمكن تحليل كميات هائلة من البيانات التي قد يعجز الإنسان عن معالجتها يدوياً.

## 1-6 التحديات الأخلاقية والقانونية

رغم مزايا الذكاء الاصطناعي، تثار تساؤلات قانونية وأخلاقية مهمة، منها:

- ✧ **الخصوصية** :استخدام أنظمة المراقبة وتحليل البيانات قد ينتهك خصوصية الأفراد.
- ✧ **التحيز الخوارزمي** :في حال تدريب الخوارزميات على بيانات غير متوازنة، قد تنتج عنها نتائج غير عادلة.
- ✧ **المسؤولية القانونية** :من يتحمل المسؤولية في حال حدوث خطأ بسبب الذكاء الاصطناعي؟ إن تطبيقات الذكاء الاصطناعي

على مسرح الجريمة تمثل ثورة حقيقية في عالم التحقيقات الجنائية. وبينما تزداد قدرة هذه التقنيات على تحسين جودة وكفاءة العدالة،

يظل من الضروري الموازنة بين التقدم التكنولوجي والضوابط الأخلاقية والقانونية لضمان استخدامها بشكل عادل وآمن.

## 1-7 الأساسيات التقنية للذكاء الاصطناعي

### ❖ مقدمة في الذكاء الاصطناعي

الذكاء الاصطناعي (Artificial Intelligence - AI) هو فرع من علوم الحاسوب يهدف إلى تصميم أنظمة تستطيع محاكاة القدرات الذهنية البشرية مثل التعلم، الاستنتاج، واتخاذ القرارات. ظهر الذكاء الاصطناعي كرد فعل لحاجة الإنسان إلى أتمتة العمليات المعقدة التي تتطلب ذكاءً بشريًا، ليتم تطبيقه في مجالات متعددة، منها الأمن وكشف المواد المتفجرة.

## 1-8 التعلم الآلي والتعلم العميق التعلم الآلي(Machine Learning - ML)

التعلم الآلي هو تقنية فرعية من الذكاء الاصطناعي تعتمد على تطوير خوارزميات تسمح للأنظمة بتحليل البيانات، التعلم منها، واتخاذ القرارات أو التنبؤات دون أن تكون مبرمجة بشكل صريح لكل حالة.

### ❖ أنواع التعلم الآلي:

- ✧ التعلم الموجه :(Supervised Learning) حيث يتعلم النموذج من بيانات موسومة، مثل تصنيف صور تحتوي على متفجرات أو لا.
- ✧ التعلم غير الموجه :(*Unsupervised* Learning) لتحليل البيانات غير الموسومة، مثل اكتشاف أنماط غير معروفة في البيانات.
- ✧ التعلم التعزيزي :(Reinforcement Learning) تعلم اتخاذ إجراءات عبر التجربة والخطأ، مستخدم في الروبوتات.

### ❖ التعلم العميق(Deep Learning)

فرع متقدم من التعلم الآلي يستخدم الشبكات العصبية الاصطناعية متعددة الطبقات .(Deep Neural Networks) يبرع التعلم العميق في معالجة البيانات المعقدة مثل الصور، الفيديو، والصوت، ويستخدم في:

- ✧ التعرف على الصور (مثلاً، اكتشاف متفجرات في صور الأشعة أو الفيديوهات الميدانية).
- ✧ تحليل أنماط الصوت والاهتزازات الناتجة عن الكمائن.

## 1-9 شبكات الأعصاب الاصطناعية

شبكات الأعصاب الاصطناعية (Artificial Neural Networks - ANN) هي نماذج حاسوبية مستوحاة من بنية ووظيفة الخلايا العصبية في الدماغ البشري، تتألف من:

- **المدخلات** :تمثل البيانات الأولية (كالصور أو الإشارات).
- **الوحدات العصبية** :**(Neurons)** تعالج المدخلات من خلال أوزان وتحويلات رياضية.
- **الطبقات** :تنظم الوحدات العصبية في طبقات (مدخلات، مخفية، ومخرجات).
- **المخرجات** :نتائج المعالجة مثل تصنيف وجود متفجر أو كمين.

هذه الشبكات قابلة للتدريب باستخدام بيانات ضخمة، لتحسين دقة التعرف على الأنماط المعقدة.

## 1-10 تقنيات معالجة الصور

تلعب معالجة الصور دورًا جوهريًا في اكتشاف المتفجرات والكمائن، خاصة من خلال:

- **التعرف على الأشكال والأنماط** :تحديد مكونات متفجرة أو مريبة في صور الأشعة أو الكاميرات الحرارية.
- **تحسين جودة الصور** :إزالة الضوضاء وتحسين التباين لاستخلاص تفاصيل مهمة.
- **التمييز بين الخلفية والهدف** :باستخدام خوارزميات الت segmentations لتحديد أماكن العبوات أو الكمائن.
- **استخدام التعلم العميق في الرؤية الحاسوبية** :مثل الشبكات العصبية الالتفافية (CNN) التي تحلل الصور بكفاءة عالية.

## 1-11 تقنيات معالجة الإشارات

تستخدم هذه التقنيات لتحليل الإشارات التي تأتي من أجهزة استشعار متعددة مثل:

- **المستشعرات الكيميائية** :تلتقط تفاعلات كيميائية لمواد متفجرة.
- **المستشعرات الصوتية والاهتزازية** :تلتقط الاهتزازات غير العادية الناتجة عن تشغيل الكمائن.
- **الموجات الكهرومغناطيسية والرادار** :للكشف عن الأجسام المخفية.

باستخدام الذكاء الاصطناعي، يمكن تحليل هذه الإشارات بدقة، كشف الأنماط المشبوهة، وتقليل معدل الإنذارات الكاذبة.

تأسيسًا على فهم تقنيات الذكاء الاصطناعي، والتعلم الآلي، والشبكات العصبية، بالإضافة إلى تقنيات معالجة الصور والإشارات، يمكننا تطوير أنظمة ذكية قادرة على كشف المتفجرات والكمائن بفعالية عالية مقارنة بالطرق التقليدية. هذه الأساسيات تمثل العمود الفقري للبحوث والتطبيقات التي سنناقشها في الفصول القادمة.

## 1-12 كيف ندمج التحليل الجُزَيْني مع الذكاء الاصطناعي؟

لذكاء الاصطناعي(AI) ، وتحديدًا معالجة اللغة الطبيعية(NLP) ، يتيح تحويل التحليل الجُزَيْني من عمل يدوي بطيء إلى عملية مؤتمتة واسعة النطاق، تُستخدم لتحليل ملايين الكلمات والنصوص بسرعة ودقة. هذا التكامل يخدم المحققين في:

تحليل الأدلة النصية (رسائل، منشورات، تهديدات).

تحديد أنماط لغوية فريدة ترتبط بالمشتبه بهم.

كشف محاولات التمويه أو انتحال الأساليب.

## 1-13 كيف يعمل الذكاء الاصطناعي في هذا السياق؟

نُدرّب نماذج لغوية تعتمد على تقنيات الذكاء الاصطناعي مثل:
التعلّم العميق (Deep Learning) باستخدام الشبكات العصبية.
نماذج اللغة المورفولوجية التي تفك...

التحليل الجُزَيْني (أو التحليل المورفولوجي) هو أسلوب يُستخدم في تحليل الكلمات إلى مكوناتها الأساسية (الجُزَيْنات أو المورفيمات)، أي إلى وحدات ذات معنى، سواء كانت جذرًا، أو بادئة، أو لاحقة. يُستخدم هذا النوع من التحليل بشكل شائع في اللغويات، لكنه يمتد إلى مجالات أخرى مثل الذكاء الاصطناعي، ومعالجة اللغة الطبيعية(NLP) ، واللسانيات الحاسوبية.

أولاً: ما المقصود بـ "الجُزَيْن"؟

الجُزَيْن (Morpheme) هو أصغر وحدة لغوية تحمل معنى.

مثال:

كلمة "غير سعيد" = "غير" (بادئة تدل على النفي) + "سعيد" (جذر يدل على المعنى الأساسي).

- **أنواع الجُزَيْنات:**

1 .جُزَيْن حرّ: يمكن أن يُستخدم مستقلاً، مثل "بيت"، "شمس."

2 .جُزَيْن مقيد: لا يمكن أن يأتي وحده، مثل "غير"، "ات"، "ون"، "ة."

❖ **في التحليل الجُزَيْني: ما الذي نحلله؟**

نقوم بتفكيك الكلمة إلى أجزائها ذات المعنى وتحديد الوظائف النحوية أو الدلالية لكل جزء.

مثال (بالعربية):

الكلمة: المعلمين

تحليلها الجُزَيْني:

"الـ": أداة تعريف

"معلم": الجذر أو الكلمة الأساسية

"ين": لاحقة جمع مذكر سالم

❖ **مجالات استخدام التحليل الجُزَيْني:**

❖ **.في اللسانيات:**

- لفهم كيفية تكوّن الكلمات في اللغة.
- لدراسة تطور اللغة وبنيتها.

## 1-14 في الذكاء الاصطناعي ومعالجة اللغة الطبيعية:(NLP)

لفهم النصوص بشكل آلي.

لتحليل الكلمات وتحسين الترجمة الآلية، توليد النصوص، تصنيف النصوص.

❖ **في البحث الجنائي والطب الشرعي اللغوي:**

للتعرف على نمط كتابة المشتبه بهم عبر تحليل الكلمات.

لتحديد اللهجة أو الأصل الجغرافي من خلال تركيب الكلمات.

## 1-15 أدوات التحليل الجُزَيْني الحاسوبي:

AnalysesMorphological :مثل أدوات.Buckwalter Arabic Morphological Analyzer

تستخدم في تحليل الكلمات العربية إلى جذورها وتصنيفها.

تستخدم خوارزميات وشبكات عصبية في النماذج الحديثة.

## 1-16 التحليل الجُزَيْني مقابل التحليل النحوي:

التحليل الجُزَيْني هو خطوة أساسية في فهم اللغة آليًا وبشريًا، حيث يكشف عن المعاني الخفية داخل الكلمات. ويُعد قاعدة مهمة تُبنى عليها العمليات اللغوية الأخرى في مجالات متعددة مثل تعليم اللغة، الترجمة، البحث الجنائي، والتحليل الآلي للغة.

- **أولاً: كيف ندمج التحليل الجُزَيْني مع الذكاء الاصطناعي؟**

الذكاء الاصطناعي (AI)، وتحديدًا معالجة اللغة الطبيعية (NLP)، يتيح تحويل التحليل الجُزَيْني من عمل يدوي بطيء إلى عملية مؤتمتة واسعة النطاق، تُستخدم لتحليل ملايين الكلمات والنصوص بسرعة ودقة. هذا التكامل يخدم المحققين في:

تحليل الأدلة النصية (رسائل، منشورات، تهديدات).

تحديد أنماط لغوية فريدة ترتبط بالمشتبه بهم.

كشف محاولات التمويه أو انتحال الأساليب.

- **كيف يعمل الذكاء الاصطناعي في هذا السياق؟**

نُدرّب نماذج لغوية تعتمد على تقنيات الذكاء الاصطناعي مثل:

التعلّم العميق (Deep Learning) باستخدام الشبكات العصبية.

نماذج اللغة المورفولوجية التي تفكك الكلمات إلى جُزَيْنات.

خوارزميات التصنيف والتمييز الأسلوبي التي تُميّز بين أنماط كتابة الأشخاص.

## 1-17 الخطوات العملية لدمج التحليل الجُزَيْني وAI في الأدلة الجنائية:

- . جمع البيانات النصية

تشمل:

رسائل بريد إلكتروني مشبوهة.

منشورات على مواقع التواصل الاجتماعي.

مستندات تهديد أو ابتزاز.

رسائل صوتية تم تفريغها نصيًا.

يتم استخدام أدوات كشف تلقائي للغة واللهجة.

استخدام أدوات التحليل الجُزَيْني الآلي

أمثلة:

أدوات عربية مثل:

- Fares Morphological Analyser
- CA Mel Tools
- MADAMIRA
- Backwater

وظيفة الأدوات:

تُجزئ الكلمة إلى جذور، بادئات، لاحقات.

تصنّف كل جزء نحويًا ودلاليًا.

مثال: الكلمة "سيكتبونها"

❖ **تحليل الناتج بالجُزَيْنات باستخدام نماذج AI**

**مثال تطبيقي:**

 حالة : رسائل تهديد من مصدر غير معروف

تم جمع 40 رسالة بريد إلكتروني مهددة أرسلت من مجهول.

**المرحلة 1: التحليل الجُزَيْني**

كل كلمة يتم تفكيكها إلى مكوناتها:

تُرصد أنماط معينة (مثلاً، كثرة استخدام "سوف" أو "لـ" قبل الفعل).

تُلاحظ تكرارات غير معيارية مثل "أنّو" بدلًا من "أن".

**المرحلة 2:**

تدريب نموذج AI (باستخدام CNN أو BERT مثلًا)

يدخل الجذر والبادئات/اللاحقات كنقاط بيانات Features.

يُدرّب على تصنيف "أنماط الشخصيات الكتابية".

يتم بناء بصمة لغوية رقمية لكل نمط كتابة.

❖ **مقارنة النصوص الجديدة بنمط الكتابة السابق**

إذا ظهرت رسالة جديدة، يُجرى لها تحليل جُزَيْني آلي وتُقارَن بالبصمات السابقة باستخدام نموذج AI:

إن كانت قريبة بنسبة 85% من نمط مشتبه به، تُضاف كقرينة.

تُقترح على المحقق للتحقق يدويًا من الهوية أو التحقيق مع المتهم.

❖ **كيف يساعد التحليل الجُزَيْني AI في التمييز بين الأشخاص؟**

## 1-18 التطبيقات العملية في التحقيق الجنائي:

■ تحديد مصدر مجهول

تحليل الرسائل يُظهر نمطًا لغويًا يُقارَن بنماذج معروفة أو مشتبه بهم.

■ كشف منتحلي الهوية

التحليل الجُزَيْني مع AI يفضح الفروقات الدقيقة التي يصعب تقليدها.

■ تصنيف الأدلة النصية

يُستخدم لتجميع الوثائق أو الرسائل ضمن مجموعات مرتبطة بشخص أو جهة.

■ كشف البصمات اللغوية المتكررة

مثل استخدام كلمات أو تركيب معين باستمرار، رغم اختلاف السياقات.

## 1-19 تقنيات وأدوات الذكاء الاصطناعي الداعمة:

التحليل الجُزَيْني، عندما يُدمج مع الذكاء الاصطناعي، يتحول من مجرد أداة لغوية إلى أداة جنائية فعالة تساعد في:

❖ تحديد الهوية اللغوية للجناة.

- بناء ملفات رقمية تعتمد على الأنماط الكتابية.
- دعم التحقيقات بالأدلة النصية مهما كان تنكّرها.
- هذا التكامل أصبح حجر الأساس في التحقيقات الرقمية الحديثة، خصوصًا مع انتشار الجرائم الإلكترونية والابتزاز عبر الإنترنت.

لفهم العلاقة بين التحليل العلمي ومجال **الأدلة الجنائية ومسرح الجريمة** بشكل أكاديمي، إليكم مجموعة من **المراجع المعتمدة** التي يمكن الاستناد إليها. سأتناولها حسب نوع التحليل الذي قد يرتبط بمسرح الجريمة، ثم أرفق أبرز الكتب أو المصادر الأكاديمية المعترف بها:

## ■ مراجع عامة في علم الأدلة الجنائية(Forensic Science)

1. **Saferstein, Richard.**
Forensic Science: From the Crime Scene to the Crime Lab
➤مرجع شامل يغطي جميع تقنيات التحليل في الأدلة الجنائية، من مسرح الجريمة إلى المعمل.
2. **James, Stuart H., and Jon J. Nordby.**
Forensic Science: An Introduction to Scientific and Investigative Techniques
➤يستخدم بكثرة في الجامعات لشرح العلاقة بين التحليل العلمي والأدلة.
3. **Houck, Max M., and Jay A. Siegel.**
Fundamentals of Forensic Science
➤يربط التحليل الكيميائي، البيولوجي، والبصمات بالأدلة الجنائية في السياق القضائي.

**ثانياً :في تحليل الحمض النووي(DNA)**

1. **Butler, John M.**
Forensic DNA Typing: Biology, Technology, and Genetics of STR Markers
➤مرجع عالمي معتمد في تحليل DNA للأغراض الجنائية.

**ثالثاً :في علم السموم الجنائي(Forensic Toxicology)**

1. **Karch, Steven B.**

Drug Abuse Handbook

➤يستخدم في تحليل المواد المخدرة والسموم المرتبطة بالضحايا أو المشتبه بهم.

2. **Levine, Barry.**

Principles of Forensic Toxicology

➤مرجع أساسي في فحص الدم، البول، والأنسجة بحثًا عن مواد سامة.

**رابعاً :في تحليل مسرح الجريمة(Crime Scene Analysis)**

1. **Fish, Jacqueline T., Larry S. Miller, and Michael C. Braswell.**

Crime Scene Investigation

➤يتناول طرق جمع الأدلة، توثيقها، تحليلها وربطها بالسياق القانوني.

2. **Horswell, John.**

The Practice of Crime Scene Investigation

➤مرجع متخصص في الإجراءات الميدانية لمسرح الجريمة.

**خامساً :في علم النفس الجنائي وتحليل السلوك**

1. **Douglas, John E., and Mark Olshaker.**

Mindhunter: Inside the FBI's Elite Serial Crime Unit

➤يشرح كيفية تحليل السلوك الإجرامي وربطه بالأدلة.

2. **Turvey, Brent E.**

Criminal Profiling: An Introduction to Behavioral Evidence Analysis

➤يربط بين الأدلة المادية والسلوك النفسي للجناة.

**سادساً :في الأدلة الرقمية(Digital Forensics)**

1. **Casey, Eoghan.**

Digital Evidence and Computer Crime: Forensic Science, Computers and the Internet

➤مرجع أساسي في تحليل الأدلة الرقمية المرتبطة بالجريمة الإلكترونية.

# الفصـــل الـــثانـــي

# "أهمية التحليل الكيميائي في كشف الأدلة في مسرح الجريمة: دراسة تطبيقية في علم الأدلة الجنائية"

## 2-1 "أهمية التحليل الكيميائي في كشف الأدلة في مسرح الجريمة: دراسة تطبيقية في علم الأدلة الجنائية"

## 2-2 ✍التحليل:

يلعب التحليل الكيميائي دورًا حاسمًا في مجال الأدلة الجنائية، حيث يُستخدم لتحديد طبيعة المواد المجهولة التي تُجمع من مسرح الجريمة، مثل المخدرات، المتفجرات، أو آثار الدم. ويمكن لهذا النوع من التحليل أن يكون حاسمًا في إثبات التهم أو نفيها.

## 2-3 دور التحليل الكيميائي في مسرح الجريمة

يتم جمع العينات المادية مثل:

- ✧ بقع على الملابس أو الأرضيات
- ✧ مسحوق مجهول
- ✧ بقايا رماد أو سوائل

ويُستخدم التحليل الكيميائي (مثل **الكروماتوغرافيا** أو **التحليل الطيفي** (لتحديد مكوناتها. على سبيل المثال، يمكن التعرف على مادة مخدرة مثل الكوكايين أو على مادة حارقة تُستخدم في الحرق المتعمد.

## 2-4 أمثلة تطبيقية

- ❖ **تحليل بقايا إطلاق نار:(Gunshot Residue - GSR)**

  يتم جمع آثار البارود من يد المشتبه به وتحليلها كيميائيًا لتأكيد استخدام السلاح الناري.
- ❖ **تحليل المواد السامة:**

  في حالات الوفاة الغامضة، يُحلل الدم أو البول بحثًا عن سموم مثل السيانيد أو المبيدات.

## 2-5 أهمية التحليل الكيميائي للأدلة الجنائية

- ❖ يساهم في إثبات العلاقة بين المشتبه به ومسرح الجريمة.
- ❖ يدعم نتائج التحقيق الشرعي بالأدلة العلمية.
- ❖ يقدم نتائج يمكن الدفاع عنها قانونيًا أمام المحكمة.

## 2-6 التحديات

- ❖ احتمال تلوث العينات.
- ❖ الحاجة إلى دقة عالية في التحليل.
- ❖ يجب أن يُدار من قبل خبراء مؤهلين في الكيمياء الجنائية.

## 2-7 التحليل الجُزَيْني وربطه بالذكاء الاصطناعي في التحقيقات الجنائية: دراسة تطبيقية

يُعد التحليل الجُزَيْني (DNA Profiling) من أهم أدوات الأدلة الجنائية الحديثة، حيث يمكّن المحققين من تحديد هوية الأفراد بدقة عالية اعتمادًا على البصمة الوراثية. ومع التطور المتسارع في تقنيات الذكاء الاصطناعي(AI) ، أصبح من الممكن تسريع، تحسين، وأتمتة عمليات تحليل الحمض النووي، مما يعزز من فعالية التحقيقات الجنائية. يهدف هذا البحث إلى استعراض العلاقة التكاملية بين التحليل الجُزَيْني والذكاء الاصطناعي، مع تقديم أمثلة حقيقية من واقع الجرائم التي استفادت من هذا التكامل.

## 2-8 أولًا: التحليل الجُزَيْني – الأساس العلمي والتقني

التحليل الجُزَيْني هو تقنية تعتمد على دراسة مناطق محددة في الحمض النووي (DNA) تُعرف بـ STRs (Short Tandem Repeats). يتم استخراج الحمض النووي من مصادر متعددة مثل:

- ✧ الدم
- ✧ الشعر
- ✧ اللعاب
- ✧ الجلد
- ✧ العظام

وتُقارن النتائج مع قواعد بيانات الحمض النووي الوطنية أو الدولية.

- ❖ **أهمية التحليل الجُزَيْني:**
- ❖ تحديد هوية الجاني أو الضحية
- ❖ تبرئة الأبرياء
- ❖ الربط بين الجرائم المتكررة لنفس الجاني

## 2-9 ثانيًا: دور الذكاء الاصطناعي في دعم التحليل الجُزَيْئي

❖ **التعلم الآلي:**(Machine Learning)
يُستخدم لتصنيف وتحليل أنماط الحمض النووي، وتقليل التداخل في العينات المختلطة، وتحديد مصدر العينة بدقة.
❖ **لرؤية الحاسوبية:**(Computer Vision)
تُستخدم لتحليل صور الجِلّ الكهربي أو صور المجهر الإلكتروني التي تحتوي على خرائط الحمض النووي
.
❖ **خوارزميات التعرف الآلي**(Automated Pattern Recognition**)**
تقوم هذه الخوارزميات بالكشف عن التطابق بين البصمات الجينية بسرعة مقارنة بالتحليل اليدوي.

❖ **المعالجة اللغوية الطبيعية:(NLP)**

تُستخدم لفحص تقارير المختبرات وتحليل تقاطعات البيانات النصية بين تقارير الجرائم والملفات الطبية.

## 2-10 ثالثًا: تطبيقات واقعية – أمثلة من قضايا جنائية

❖ **قضية "جوزيف جيمس دي أنجلو" – قاتلGolden State**

في عام 2018، تم التعرف على القاتل المتسلسل جوزيف جيمس دي أنجلو من خلال مقارنة الحمض النووي من مسرح الجريمة مع قواعد بيانات الحمض النووي الوراثي العامةGED) - .(matchتم استخدام خوارزميات ذكاء اصطناعي للبحث في قاعدة بيانات تتجاوز مليون سجل.

❖ **مشروع "**DNA Phenotyping**" في الولايات المتحدة**

تستخدم الشرطة خوارزميات AI لتكوين صورة وجه تقريبية بناءً على الحمض النووي من مسرح الجريمة، وهي تقنية تُعرف بـ **التحليل الظاهري الجيني** .في إحدى القضايا، تم تحديد ملامح الجاني مما ساعد الضحايا في تقديم معلومات إضافية حوله.

❖ **مشروع** "M-CODE" **الأوروبي**

يهدف إلى ربط قواعد بيانات الحمض النووي في دول الاتحاد الأوروبي، حيث تُستخدم تقنيات الذكاء الاصطناعي لتحديد سلاسل الجرائم المتشابهة عبر البلدان، وتحليل التكرار الجيني والإحصائي للتطابقات.

## 2-11 رابعًا: التحديات الأخلاقية والتقنية

- **الخصوصية الجينية** :هل من المقبول قانونيًا استخدام قواعد بيانات النسب مثل 23 andMeأوAncestry ؟
- **تحيز البيانات** :بعض الخوارزميات قد تعاني من تحيز ناتج عن نقص تمثيل جماعات سكانية معينة.
- **التفسير القضائي للنتائج** :صعوبة تقديم تفسيرات دقيقة للنتائج المعتمدة على خوارزميات AI للمحاكم.

### 2-12 خامسًا: مستقبل التحليل الجُزَيْني مع الذكاء الاصطناعي

- **المختبرات الذكية :**(Smart Forensic Labs) قادرة على المعالجة اللحظية للعينات.
- **النمذجة التنبؤية للجناة :**بناء ملفات سلوكية وجينية مشتركة للمشتبه بهم.
- **التحقيق الجنائي الافتراضي :**(Virtual Crime Scene Analysis) إعادة بناء الجرائم اعتمادًا على الحمض النووي والمحاكاة.

ان الدمج بين التحليل الجُزَيْني والذكاء الاصطناعي لا يمثل مجرد تحسين في سرعة التحليل، بل نقلة نوعية في علم الأدلة الجنائية. ورغم التحديات الأخلاقية والقانونية، فإن الأثر العملي في كشف الجرائم وتحديد الجناة أصبح واقعًا ملموسًا كما تثبته عشرات القضايا عالميًا. من المتوقع أن يستمر هذا التكامل في تشكيل مستقبل العدالة الجنائية بدقة وكفاءة غير مسبوقتين

## 2-13 التحليل الجُزَيْني وربطه بالذكاء الاصطناعي في جهات خارجية: دراسة تطبيقية

بما في ذلك تحليل الجُزَيْني (DNA Profiling) من أهم الأدوات المتخصصة، حيث يتوافر المحققون الجدد الذين يحددون هوية الأشخاص بدقة عالية على البصمة المختصة. ومع التطور المعجزة في تقنيات الذكاء الاصطناعي (AI)، أصبح من تسريع، وتحسين، وبما في ذلك عمليات تحليل أجهزة أي شيء، مما ينتج من فعالية المهام المتنوعة. ويهدف هذا البحث إلى مراجعة تكامل تكامل بين التحليل الجُزَيْني والذكاء الاصطناعي، مع تقديم أمثلة حقيقية من التماثل التي تستخدم من هذا تكامل.

- **أولًا: التحليل الجُزَيْني – الأساس العلمي والتقني**

تحليل الجُزَيْني هو تقنية تعتمد على مناطق محددة في أجهزة معينة (DNA) وSTRs (التكرارات الترادفية القصيرة). يمكن الحصول على معلومات من مصادر متعددة مثل:

- ✧ - الدم
- ✧ - الشعر
- ✧ - اللعاب

- جلد
- العظام

**وقارن النتائج مع متطلبات بيانات المعرفة الوطنية أو الدولية.**

- أهمية التحليل الجُزَيْني:
- تحديد هوية الجاني أو لمسمار
- تبرئة الأبرياء
- الجزء الجنوبي من الجنوب والغاني

## 2-14 ثانيًا: دور الذكاء الاصطناعي في دعم التحليل الجُزَيْني

1. التعلم الآلي (التعلم الآلي): لتحليل وتحليل وتحديد الأسباب...
2. الرؤية الحاسوبية (الرؤية الحاسوبية): لتحليل صور الجِلّ الكهربائية...
3. خوارزميات التواصل: تقوم هذه الخوارزميات بالكشف عن التطابق بين الحساسات الحمراء بسرعة...
4. المعالجة اللغوية الطبيعية (NLP): لفحص التقارير المختبرية وفحص البيانات المتقاطعة...

## 2-15 ثالثًا: تطبيقات واقعية – أمثلة من قضايا جنائية

- قضية "جوزيف جيمس دي أنجلو" – قاتل Golden State: تم التعرف عليه من خلال مقارنة أجهزة معينة مع قواعد بيانات عامة لمساعدة الذكاء الاصطناعي.
- مشروع "DNA Phenotyping": الالتزام بصورته التقريبية للجاني يرتبط بالحمض النووي.
- مشروع M-CODE الأوروبي: ربط متطلبات بيانات المعرفة بين الدول باستخدام AI.

- -الخصوصية الجينية
- -تحيز البيانات
- -التفسير القضائي للنتائج

## 2-16 خامسًا: مستقبل التحليل الجُزَيْني مع الذكاء الاصطناعي

- -المختبرات الذكية
- -النمذجة التنبؤية للجناة

✧ -التحقيق الجنائي الافتراضي

ان مدمج بين التحليل الجيزيني والذكاء الاصطناعي لا يمثل مجرد تحسين في سرعة التحليل، بل نقل مضمون في علم الأدلة الجنائية. خلافا للقضايا الأخلاقية، فإن التأثير العملي في مجموعة التنوع والتنوعة أصبح واقعيا ملموسا كما يؤكد الأمور العالمية. من المتوقع أن يستمر هذا في تشكيل العدالة للموظفين الذين أصبحوا غير قادرين على ذلك.

## 2-17 التحليل الآلي في الأدلة الجنائية

تعريف التحليل الآلي

التحليل الآلي في الأدلة الجنائية يُشير إلى استخدام الأنظمة الحاسوبية والأجهزة المؤتمتة لمعالجة وتحليل الأدلة الجنائية بشكل أسرع وأكثر دقة مما يمكن أن يُنجزه الإنسان يدويًا. ويُعتبر جزءًا من تطور المختبرات الجنائية الحديثة التي تعتمد على التكنولوجيا.

## 2-18 أهم مجالات التحليل الآلي في الأدلة الجنائية

✧ تحليل الحمض النووي الآلي

أجهزة مثل الروبوتات البيولوجية أو محطات العمل المؤتمتة تقوم باستخلاص DNA وتضخيمه وتحليله دون تدخل بشري، مثل أجهزة Rapid HIT أو ANDE التي تعطي نتائج خلال ساعتين.

✧ تحليل البصمات

أنظمة AFIS تقارن بصمة مجهولة بملايين البصمات المخزنة باستخدام الذكاء الاصطناعي.

✧ تحليل الصور والفيديو

أدوات تعتمد على الذكاء الاصطناعي لتحسين الجودة، تتبع الحركات، واكتشاف الأجسام.

✧ .تحليل الأدلة الرقمية

برامج تفحص الأجهزة الرقمية مثل Cellebrite و EnCase و.FTK

✧ تحليل المقذوفات والأسلحة

أنظمة مثل IBIS تقارن صور الطلقات لتحديد السلاح المستخدم.

## 2-19 مزايا التحليل الآلي في التحقيق الجنائي

✧ -السرعة: يوفر الوقت مقارنة بالتحليل اليدوي

- ✧ -•الدقة: يقلل من احتمال الخطأ البشري
- ✧ -التكرارية: يمكن تكرار نفس الإجراء بدقة عالية
- ✧ -•إدارة كميات كبيرة من البيانات: يمكنه تحليل آلاف العينات بكفاءة

## 2-20 تحديات التحليل الآلي

- ✧ -تكلفة الأجهزة والبرمجيات
- ✧ -ضرورة وجود مختصين لتشغيل وتفسير النتائج
- ✧ إمكانية التحيز في الخوارزميات

## 2-21 مثال عملي

في عام 2016، تم استخدام نظام Rapid DNA لتحليل الحمض النووي من مسرح جريمة في كاليفورنيا، حيث وفّر نتيجة خلال 90 دقيقة، مما سمح للشرطة باعتقال المشتبه به قبل أن يغادر الولاية.

# الفصـــل الثالـــث

# تطبيقات الذكاء الاصطناعي في التشريح الجنائي

## 3-1 مبادى التشريح الجنائي

التشريح الجنائي هو فرع من فروع الطب الشرعي يُعنى بفحص الجثث في حالات الوفاة غير الطبيعية أو المشبوهة. يهدف هذا النوع من التشريح إلى تحديد سبب الوفاة، والطريقة التي حدثت بها، والوقت التقريبي للوفاة، بالإضافة إلى تقديم الأدلة التي قد تسهم في التحقيقات الجنائية.

## 3-2 الأهداف الرئيسية للتشريح الجنائي

- -تحديد سبب الوفاة
- التمييز بين الوفاة الطبيعية وغير الطبيعية
- تقدير زمن الوفاة
- توثيق الإصابات أو علامات العنف
- تحديد هوية المتوفى (عند الحاجة)

## 3-3 المبادئ الأساسية للتشريح الجنائي

- **الفحص الخارجي:**

يتضمن معاينة الجسم من الخارج، وتسجيل ملاحظات عن الملابس، الإصابات، العلامات الجسدية، ودرجة التيبس.

- **الفحص الداخلي:**

فتح تجاويف الجسم (الجمجمة، الصدر، البطن) وفحص الأعضاء الحيوية مثل القلب والرئتين والكبد والدماغ.

- **جمع العينات:**

جمع عينات من الدم، البول، محتويات المعدة، والأنسجة لتحليل السموم أو الأمراض.

❖ .**التوثيق والتصوير:**

يتم تصوير الجثة وتوثيق كل الملاحظات كتابيًا ورقميًا لضمان الدقة وسهولة الرجوع لاحقًا.

❖ **كتابة التقرير الشرعي:**

يشمل ملخصًا دقيقًا للحالة، نتائج الفحوصات، سبب الوفاة، ونمطها (طبيعية، قتل، انتحار، حادث، غير محددة).

❖ **تقدير زمن الوفاة**

✧ يعتمد على عدة مؤشرات مثل:

✧ -درجة حرارة الجسم (التبريد)

✧ -تصلب الجسم(Rigor Mortis)

✧ -التغيرات اللونية(Livor Mortis)

✧ -تحليل محتوى المعدة

✧ -تطور التحلل

**3-4 أهمية التشريح الجنائي في التحقيقات**

يلعب التشريح دورًا جوهريًا في التحقيقات الجنائية، حيث يمكنه كشف:

✧ -ما إذا كان الوفاة نتيجة جريمة

✧ -وجود علامات خنق أو تسمم

✧ -تطابق الجروح مع الأدوات الموجودة في مسرح الجريمة

✧ - تسلسل الأحداث بناءً على الإصابات

**3-5 تطبيقات الذكاء الاصطناعي في التشريح الجنائي**

في عصر التحول الرقمي، بات الذكاء الاصطناعي (AI) أداة لا غنى عنها في العديد من المجالات، ومن ضمنها الطب الشرعي. وقد أصبح للتشريح الجنائي، باعتباره أحد أهم فروع الطب الشرعي، نصيب كبير من تطبيقات الذكاء الاصطناعي، والتي أحدثت طفرة نوعية في طرق تحليل الجثث، وتحديد سبب الوفاة بدقة وسرعة تفوق الإمكانيات البشرية التقليدية. يهدف هذا البحث إلى عرض أهم تطبيقات الذكاء الاصطناعي في التشريح الجنائي، وشرح فوائدها، والتحديات المرتبطة بها، مع الاستعانة بأمثلة واقعية ومراجع موثوقة.

## 3-6 أولاً: الذكاء الاصطناعي والتشريح الجنائي

مفاهيم أساسية :الذكاء الاصطناعي هو مجال علم الحاسوب الذي يهدف إلى تطوير أنظمة تستطيع أداء مهام تتطلب ذكاءً بشريًا، مثل الفهم، الاستنتاج، والتعلم. أما التشريح الجنائي، فهو عملية فحص دقيق للجثة من قبل الطب الشرعي بهدف تحديد سبب الوفاة، زمنها، ونمطها (قتل، انتحار، عرضي...). يشمل التشريح فحصًا خارجيًا وداخليًا، إضافة إلى جمع عينات بيولوجية.

## 3-7 ثانياً: تطبيقات الذكاء الاصطناعي في التشريح الجنائي:

- ❖ التشريح الافتراضي :(Virtopsy) يستخدم الذكاء الاصطناعي إلى جانب التصوير الشعاعي (CT, MRI) لإجراء تشريح غير جراحي. يُمكِّن هذا النوع من التشريح من بناء نموذج ثلاثي الأبعاد للجثة وتحليل البنية الداخلية دون فتح الجسم. تُستخدم خوارزميات AI لتحديد الكسور، التجمعات الدموية، أو الأجسام الغريبة.

- ✧ مثال تطبيقي: في سويسرا، تم تطوير نظام "Virtobot" الذي يجمع بين الأشعة المقطعية وتقنيات التعلم الآلي لتحليل الجثث بدقة.

- ❖ تحليل الصور الجنائية :يُستخدم AI لتحليل صور الإصابات الخارجية على الجثة وتحديد طبيعة الجرح (حاد، ناري، كدمات...). كما يمكنه المقارنة بين الصور لتحديد أداة الجريمة المحتملة.

- ✧ مثال: أنظمة رؤية حاسوبية تستطيع تحليل مكان الجرح وتحديد مساره، وهو ما يفيد في إعادة بناء سيناريو الوفاة.

- ❖ تقدير زمن الوفاة :تعتمد أنظمة AI على بيانات تتعلق بدرجة حرارة الجسم، درجة التحلل، أو التغيرات الحيوية لحساب الزمن التقريبي للوفاة بدقة عالية.

- ✧ مثال: في اليابان، طورت جامعة كيوتو خوارزمية تعتمد على الصور الحرارية لتقدير زمن الوفاة بدقة تصل إلى 95٪.

- تحليل بيانات السموم :يمكن استخدام الذكاء الاصطناعي في فحص وتحليل عينات الدم أو البول لرصد السموم والمواد المخدرة AI .يتعرف على أنماط معقدة قد تشير إلى حالات تسمم أو جرعة زائدة.
- تصنيف نمط الوفاة :تقوم خوارزميات التعلم الآلي بتجميع البيانات وتشخيص ما إذا كانت الوفاة ناتجة عن حادث، انتحار، أو جريمة، بناءً على معطيات التشريح والتحاليل الجنائية.
- توثيق آلي وتقارير ذكية :الذكاء الاصطناعي يُستخدم أيضًا في إنتاج تقارير طبية شرعية ذكية، تُكتب تلقائيًا بناءً على نتائج التشريح، مما يُسرّع من عملية إنجاز القضايا.

## 3-8 ثالثاً: فوائد الذكاء الاصطناعي في التشريح الجنائي:

- تسريع الإجراءات وتقليل زمن التشريح.
- تقليل التحيز والأخطاء البشرية.
- الحفاظ على حرمة الجثة (التشريح غير الجراحي).
- زيادة دقة النتائج وتحسين جودة التوثيق.
- إمكانية المراجعة المستقبلية للبيانات الرقمية.

### 3-8-1 رابعاً: التحديات:

- الكلفة العالية للأجهزة والبرمجيات.
- الحاجة إلى تدريب متخصصين في الطب والذكاء الاصطناعي.
- القضايا الأخلاقية المرتبطة باستخدام AI في فحص الجثث.
- القبول القانوني لنتائج التشريح المعتمدة على AI في المحاكم.

## 3-9 خامساً: مستقبل الذكاء الاصطناعي في التشريح الجنائي

يتوقع الخبراء أن يُصبح الذكاء الاصطناعي معيارًا في مراكز الطب الشرعي، وسيتم ربط أنظمة AI بقواعد بيانات جنائية وصحية عالمية لتحليل الأدلة بسرعة. كما ستظهر تطبيقات جديدة مثل تحليل تعابير الوجه بعد الوفاة، وتحديد هوية الجثث عبر الذكاء الاصطناعي.

## 3-10 سادساً: أمثلة من الواقع:

- ألمانيا: نظام AI استخدم لتحليل نمط الثقوب الناتجة عن الطلقات النارية، وربطه بنوع السلاح المستخدم.
- الولايات المتحدة: توظيف الذكاء الاصطناعي لتحليل نمط تكرار الإصابات وتحديد إن كانت ناتجة عن عنف

منزلي مزمن. لقد ساهم الذكاء الاصطناعي في تطوير ممارسات التشريح الجنائي وتحسين نتائج التحقيقات العدلية. ورغم التحديات التي تواجه هذا المجال، فإن الاستمرار في دمج هذه التقنيات سيساهم في تحقيق العدالة بفعالية أكبر، وتقديم أدلة أكثر موثوقية ودقة .

# الفصـــل الـرابع

# التكنولوجيا الحديثة والذكاء الاصطناعي في العلوم الجنائية

## 4-1 المفاهيم الأساسية في العلوم الجنائية

## 4-2 تعريف الجريمة وأنواعها

- ✧ الجريمة هي كل فعل أو امتناع عن فعل يخالف القانون ويُعاقب عليه النظام القانوني. تصنف الجرائم إلى أنواع متعددة حسب طبيعتها وشدتها، منها:
- ✧ الجرائم الجنائية العمدية: كجرائم القتل والسرقة، التي تنطوي على نية مسبقة.
- ✧ الجرائم الجنح: مثل المخالفات المرورية، التي تكون أقل خطورة.
- ✧ الجرائم غير العمدية: كالقتل الخطأ، التي تنجم عن إهمال أو قلة حذر دون نية

## 4-3 عناصر الجريمة الأساسية

لكي تقوم الجريمة يجب توفر عنصرين رئيسيين:

- **الركن المادي :**هو الفعل أو الامتناع الذي يشكل الجريمة.
- **الركن المعنوي :**ويعني النية أو القصد الجنائي، وهو حالة ذهنية تحكم الفاعل أثناء ارتكاب الجريمة.

## 4-4 الفرق بين الطب الشرعي والعلوم الجنائية

الطب الشرعي هو تخصص طبي يُعنى بتطبيق المعرفة الطبية في القضايا القانونية، مثل تشريح الجثث وتحليل سبب الوفاة. أما العلوم الجنائية فهي مجال أوسع يشمل تقنيات جمع وتحليل الأدلة المختلفة المادية والرقمية والبيولوجية.

## 4-5 القوانين المنظمة للعلوم الجنائية

تُنظم القوانين الجنائية والتشريعات المختلفة عمل الخبراء الجنائيين، حيث تضع ضوابط لجمع الأدلة، التحليل، وحفظ حقوق الأفراد، وتضمن سلامة الإجراءات القانونية.

## 4-6 الأدلة الجنائية وأنواعها

- ❖ **الأدلة المادية**

هي الأشياء الملموسة التي يمكن جمعها من مسرح الجريمة مثل الأسلحة، الملابس، والبصمات، وتعتبر من الأدلة المهمة في إثبات وقوع الجريمة.

- ❖ **الأدلة البيولوجية**

تشمل الدم، الشعر، السوائل الجسدية، والأنسجة التي تحمل معلومات وراثية مهمة كـDNA، والذي يُستخدم لتحديد هوية المتهمين أو الضحايا بدقة عالية.

- **الأدلة الرقمية**

تتعلق بالجرائم الإلكترونية وتشمل بيانات الحواسيب، الهواتف الذكية، والشبكات، وتتطلب تقنيات متخصصة لجمعها وتحليلها.

- **أساليب جمع الأدلة وتأمينها**

تتبع فرق التحقيق إجراءات دقيقة لجمع الأدلة بهدف الحفاظ على سلامتها ومنع تلوثها أو تلفها، حيث يُعتبر أي خلل في هذه المرحلة قد يؤثر على قبول الأدلة في المحكمة.

## 4-7 تقنيات التحليل في العلوم الجنائية

### 4-7-1 التحليل الكيميائي والميكروسكوبي

يستخدم المختبر الجنائي تحاليل كيميائية لتحديد نوع المواد الموجودة في الأدلة مثل المخدرات أو السموم، وتحليل مجهري للكشف عن الأدلة الدقيقة.

### 4-7-2 تحليل الحمض النوويDNA

تُجرى عمليات تحليل الحمض النووي عبر عدة مراحل تشمل جمع العينة، استخلاص الـDNA، تضخيمه باستخدام تقنية الـPCR، ثم مطابقة النتائج مع قواعد البيانات.

### 4-7-3 تحليل البصمات وطرق تسجيلها

البصمات هي من أكثر الأدلة شيوعًا في التحقيقات، ويتم تسجيلها باستخدام تقنيات متعددة منها الحبر، المسح الضوئي، والتقنيات الرقمية الحديثة.

### 4-7-4 التصوير الجنائي وتقنيات التوثيق

التصوير الفوتوغرافي وتقنيات التصوير ثلاثي الأبعاد تُستخدم لتوثيق مسرح الجريمة بشكل دقيق، مما يساعد المحققين والخبراء في التحليل لاحقًا.

### 4-7-5 استخدام البرمجيات والذكاء الاصطناعي في التحليل الجنائي

الذكاء الاصطناعي يُستخدم في تحليل الصور والفيديو، التعرف على الوجوه، ومطابقة الأدلة الرقمية، ما يعزز سرعة ودقة التحقيقات.

تُستخدم البرمجيات الحديثة والذكاء الاصطناعي في:

- ✧ تحليل الأدلة الرقمية.
- ✧ التعرف على الوجوه.
- ✧ التنبؤ بسلوك الجناة.

تساعد هذه التقنيات على زيادة سرعة ودقة التحقيقات الجنائية، وتقليل الخطأ البش

## 4-8 الطب الشرعي ودوره في حل الجرائم

### 4-8-1 تخصصات الطب الشرعي المختلفة

تشمل التشريح الطبي الشرعي، تحليل السموم، الطب الشرعي النفسي، وغيرها من التخصصات التي تقدم تقارير دقيقة تساعد في حل القضايا.

يشمل الطب الشرعي تخصصات متعددة مثل:

- ✧ التشريح الطبي :دراسة وفحص الجثث لتحديد أسباب الوفاة.
- ✧ تحليل السموم :الكشف عن المواد السامة والمخدرات في الجسم.
- ✧ الطب الشرعي النفسي :تقييم الحالة النفسية للمشتبه بهم والمتهمين.

كل هذه التخصصات تساهم في تقديم أدلة علمية موثقة لدعم القضايا الجنائية.

### 4-8-2 تحليل أسباب الوفاة

يعمل الطبيب الشرعي على تحديد سبب الوفاة بدقة، ويميز بين الوفاة الطبيعية والجنائية من خلال الفحص الطبي والتحليل المختبري.

- ✧ الفحوصات الطبية.
- ✧ التحاليل المختبرية.
- ✧ دراسة ظروف الوفاة ومسرح الجريمة.

### 4-8-3 الطب الشرعي النفسي

يُقيّم هذا التخصص الحالة النفسية للمتهمين لتحديد مدى المسؤولية الجنائية بناءً على الحالة الذهنية وقت ارتكاب الجريمة، ويُساعد في اتخاذ القرارات القانونية المناسبة مثل الحكم أو العلاج.

### 4-8-4 دور الطب الشرعي في المحاكم

يُعتبر شاهد خبرة طبي ضروري في المحاكم لتقديم الأدلة العلمية وشرحها بشكل واضح للقضاة وأطراف القضية.

## 4-9 علم الجريمة وتحليل السلوك الإجرامي

### 4-9-1 نظريات الجريمة

تشمل النظريات الاجتماعية التي تربط الجريمة بالبيئة، والنظريات النفسية التي تركز على شخصية الجاني ودوافعه.

تتنوع النظريات التي تفسر أسباب الجريمة بين:

- ✧ النظريات الاجتماعية :التي تركز على دور البيئة المحيطة، مثل الفقر والبطالة والتمييز الاجتماعي في دفع الأفراد لارتكاب الجرائم.
- ✧ النظريات النفسية :التي تركز على دوافع الجاني وصفاته النفسية مثل الاضطرابات السلوكية والشخصية.

### 4-9-2 تحليل الشخصية الإجرامية

يصنف المجرمون إلى أنواع بحسب دوافعهم وسماتهم النفسية، ويُستخدم التحليل النفسي لفهم سلوكهم بهدف:

- ✧ التنبؤ بحركاتهم المستقبلية.
- ✧ تطوير استراتيجيات التعامل معهم.
- ✧ المساعدة في التحقيقات والقبض عليهم.

### 4-9-3 دور التحليل السلوكي في حل القضايا

يساعد التحليل السلوكي المحققين على توجيه التحقيقات بشكل أكثر دقة من خلال دراسة أنماط السلوك الجنائي، وتحليل الأدلة بطريقة تكشف دوافع وطرق الجريمة، مما يُسهل القبض على الجناة

## 4-9-4 التكنولوجيا الحديثة والذكاء الاصطناعي في العلوم الجنائية

شهدت العلوم الجنائية تطورًا هائلًا في العقود الأخيرة بفضل إدخال التكنولوجيا الحديثة والذكاء الاصطناعي، مما ساعد في تحليل الأدلة بدقة أعلى، وتسريع التحقيقات، وتعزيز العدالة. فقد أصبح بالإمكان تحليل كميات ضخمة من البيانات الجنائية، وتحديد الأنماط، وتوقع السلوك الإجرامي، كل ذلك بفعالية تفوق القدرات البشرية.

- **التكنولوجيا الحديثة في العلوم الجنائية**
- **تحليل الحمض النووي (DNA Analysis)**

## 4-9-5 استخدام تقنيات متقدمة مثل:

**التحليل الجُزَيْئي الدقيق (STR).**

**تسلسل الجينوم الكامل.**

### ما هو الجينوم؟

يتكوّن من **جميع الجينات** بالإضافة إلى **التسلسلات غير المشفّرة** التي تلعب أدوارًا تنظيمية.

في الكائنات البشرية، الجينوم البشري يحتوي على حوالي **3.2مليار زوج قاعدي** من الحمض النووي .(DNA)

يتم ترتيب الجينوم في **كروموسومات** داخل نواة الخلية.

مكونات الجينوم:

- **الجينات** :وهي المقاطع من DNAالتي تُشفّر لبروتينات.
- **الإنترونات والإكزونات** :أجزاء الجينات، حيث تُترجم الإكزونات إلى بروتين، بينما الإنترونات تُقصى.
- **الحمض النووي غير المُرمّز** :**(Non-coding DNA)**لا يُنتج بروتينات، لكن له وظائف تنظيمية هامة.
- **الحمض النووي المتكرر** :أجزاء تتكرر مرارًا وتكرارًا، وقد تكون مرتبطة بالتطور أو بالأمراض.

### استخدامات دراسة الجينوم:

- **الطب الشخصي** :تحديد العلاج الأنسب حسب التركيب الجيني للفرد.
- **الوراثة الجينية** :تتبّع الأمراض الوراثية.
- **الجنائيات** :تحديد هوية الأشخاص من خلال البصمة الوراثية.
- **الزراعة والتعديل الوراثي** :تحسين المحاصيل.

**الفرق بين "الجين "و"الجينوم:"**

**الجين** :هو وحدة صغيرة تحمل شفرة لصنع بروتين.

**الجينوم** :هو مجموعة الجينات الكاملة وكل المعلومات الوراثية .ما هو الجينوم؟

**استخدامات دراسة الجينوم:**

- **الطب الشخصي** :تحديد العلاج الأنسب حسب التركيب الجيني للفرد.
- **الوراثة الجينية** :تتبّع الأمراض الوراثية.
- **الجنائيات** :تحديد هوية الأشخاص من خلال البصمة الوراثية.
- **الزراعة والتعديل الوراثي** :تحسين المحاصيل.

**الفرق بين "الجين "و"الجينوم:"**

**الجين** :هو وحدة صغيرة تحمل شفرة لصنع بروتين.

**الجينوم** :هو مجموعة الجينات الكاملة وكل المعلومات الوراثية.

- **أنظمة قاعدة بيانات الحمض النووي مثل CODIS تسهم في التعرف على الجناة بسرعة.**
- **أدوات المسح ثلاثي الأبعاد (3D Scanning)**

إعادة بناء مسرح الجريمة افتراضيًا.

تحليل زوايا إطلاق النار أو مواقع الجثث بدقة.

- **أنظمة المراقبة الذكية (Smart Surveillance Systems)**

استخدام الكاميرات المرتبطة بتحليل الفيديو بالزمن الحقيقي.

تتبع الأشخاص والمركبات باستخدام التعرف على الوجوه ولوحات السيارات.

الأدلة الرقمية (Digital Forensics)

\

AI
CRIME SICENE

**استرجاع وتحليل البيانات من:**

- ✧ **الهواتف المحمولة.**
- ✧ **الحواسيب.**
- ✧ **شبكات التواصل الاجتماعي.**
- ✧ **التعامل مع قضايا الجرائم الإلكترونية (Cybercrime).**

**4-10 الذكاء الاصطناعي في العلوم الجنائية**

- ❖ **تحليل البيانات والتنبؤ بالسلوك الإجرامي**

**استخدام خوارزميات تعلم الآلة لتوقع:**

- ❖ **مواقع الجرائم المستقبلية.**
- ❖ **أنماط الجرائم المتكررة.**

**4-11 مثال: برنامج PredPol للتنبؤ بمناطق الجرائم.**

**4-11-1 تحليل الصور والفيديوهات**

**4-12 برامج التعرف على الوجه (Facial Recognition).**

- ❖ كشف التلاعب الرقمي بالصور أو الفيديوهات.
- ❖ تتبع الأجسام المشبوهة في كاميرات المراقبة.

**4-13 تحليل الصوت والتسجيلات**

- ❖ تحسين جودة الصوت الملتقط.
- ❖ التعرف على المتحدث (Speaker Identification).
- ❖ تحليل الانفعالات من نبرة الصوت.

**4-14 المساعدة في التحقيقات**

- ❖ روبوتات الدردشة (مثل المحللين الآليين) لتحليل الاستجوابات والمقابلات.
- ❖ أنظمة ذكاء اصطناعي تقوم بمراجعة الأدلة والمقارنة بين القضايا.

**4-15 المحاكاة الافتراضية (Virtual Reality + AI)**

**محاكاة الأحداث داخل مسرح الجريمة باستخدام VR وذكاء اصطناعي لتجربة مختلفة للواقعة.**

## 4-16 رابعًا: فوائد التكنولوجيا والذكاء الاصطناعي في المجال الجنائي

| الشرح | الفائدة |
|---|---|
| تحليل كميات هائلة من البيانات خلال وقت قصير جدًا. | السرعة |
| تقليل الخطأ البشري وتحسين نتائج التحاليل. | الدقة |
| تخفيض التكلفة البشرية والمادية في التحقيقات. | الكفاءة |
| قرارات معتمدة على خوارزميات دقيقة وغير منحازة. | الحيادية |

## 4-17 خامسًا: التحديات والمخاطر

- **الخصوصية:** مخاوف من مراقبة الأشخاص دون إذن.
- **الأخطاء الخوارزمية:** احتمال تصنيف أشخاص أبرياء كمشتبه بهم.
- **التحيز الخوارزمي:** إذا تم تدريب الذكاء الاصطناعي على بيانات منحازة.
- **القضايا القانونية:** مدى قبول أدلة AI في المحاكم.

## 4-18 الذكاء الاصطناعي في التعرف على الوجوه والبصمات

تُستخدم تقنيات الذكاء الاصطناعي في تحسين دقة التعرف على المشتبه بهم باستخدام أنظمة متقدمة للتعرف على الوجوه والبصمات.
تعزز تقنيات الذكاء الاصطناعي دقة التعرف على الأشخاص من خلال:

- أنظمة متطورة للتعرف على الوجوه.
- تقنيات تحليل البصمات الرقمية.

تُسرع هذه الأدوات من عملية التحقيق وتحديد المتهمين بدقة عالية.

### 4-19 تحليل البيانات الضخمة (Big Data) في مكافحة الجريمة

تُستخدم تحليلات البيانات الضخمة لرصد أنماط الجرائم، مما يُمكّن السلطات من اتخاذ قرارات استباقية،

وتحسين استراتيجيات الوقاية، إضافةً إلى تتبع نشاطات الجناة بشكل أكثر فعالية.

### 4-20 الأمن السيبراني والجرائم الإلكترونية

مع ازدياد الاعتماد على التكنولوجيا، أصبحت الجرائم الإلكترونية تشكل تهديدًا كبيرًا، لذلك يعمل الأمن السيبراني على:

- ✧ حماية المعلومات الرقمية.
- ✧ مكافحة جرائم الاختراق والاحتيال الإلكتروني.
- ✧ تأمين الشبكات والأجهزة.

## 4-21 استخدام الطائرات المسيرة وتقنيات الاستشعار

تُستخدم الطائرات بدون طيار (الدرونز) لجمع الأدلة ورصد المناطق المشبوهة، مما يزيد من فعالية دوريات الأمن في مكافحة الجرائم، بالإضافة إلى استخدام أجهزة الاستشعار لرصد الحركات والأنشطة غير القانونية.

## 4-22 الإجراءات القانونية والعدلية في التعامل مع الأدلة الجنائية

### 4-22-1 خطوات جمع وتأمين الأدلة

يجب اتباع إجراءات قانونية دقيقة لضمان قبول الأدلة في المحاكم، مثل توثيق مكان وزمان جمعها وتخزينها بشكل آمن.

- ❖ **سلامة الأدلة من الناحية القانونية**

تُعتبر سلامة الأدلة وضمان عدم التلاعب بها أمرًا حيويًا لضمان العدالة، وتوجد قوانين صارمة تحكم هذا الجانب.

- ❖ **دور الخبير الجنائي في المحكمة**

النيابة العامة مسؤولة عن الإشراف على التحقيقات وضمان احترام القانون، بينما تقوم الشرطة الجنائية بتنفيذ الإجراءات الميدانية، وجمع الأدلة، وضبط المشتبه بهم.

- ❖ إجراءات تقديم الأدلة في المحاكم

بعد جمع الأدلة وتحليلها، يتم تقديمها في المحكمة وفق إجراءات محددة تشمل:

- ✧ توثيق الأدلة وتسليمها للجهات القضائية.

- ✧ استدعاء الخبراء لإثبات صحة الأدلة.
- ✧ تمكين الدفاع من دراسة الأدلة والتشكيك فيها.

## 4-23 المفاهيم الأساسية في العلوم الجنائية

تُعد العلوم الجنائية حجر الزاوية في كشف الجرائم وتحقيق العدالة، حيث تعتمد على دمج العلوم المختلفة والتكنولوجيا الحديثة في عمليات التحقيق. مع استمرار تطور التكنولوجيا وازدياد تعقيد الجرائم، تبرز الحاجة إلى تحديث الأساليب والتقنيات المستخدمة باستمرار. كما تواجه العلوم الجنائية تحديات مثل الحفاظ على سلامة الأدلة والامتثال للقوانين، ما يتطلب تدريبًا مستمرًا للكوادر وتطوير التشريعات القانونية.

يأمل هذا البحث أن يساهم في توسيع فهم القارئ لأهمية العلوم الجنائية ودورها المحوري في المجتمع، ويشجع على تطوير المزيد من الدراسات والأبحاث في هذا المجال الحيوي.

## 4-24 فوائد الدمج بين الذكاء الاصطناعي والعلوم الجنائية

| الفائدة | التوضيح |
|---|---|
| زيادة الدقة | تقليل الاعتماد على التقديرات البشرية والتحليل الذاتي. |
| توفير الوقت | تحليل البيانات في دقائق بدل أيام أو أسابيع. |
| اكتشاف الأدلة المخفية | عبر خوارزميات استشعار واستدلال ذكية. |
| التنبؤ والتخطيط الأمني | من خلال تحليل الأنماط السابقة وتحديد المناطق المعرضة للجريمة. |

**مثال تطبيقي – كيف يعمل النظام الذكي الجنائي**

A مسرح الجريمة <-- B كاميرات ذكية

B --> C اكتشاف أدلة تلقائي

C --> D تحليل بصمات و DNA بالذكاء الاصطناعي

D --> E مطابقة مع قواعد بيانات جنائية

E --> F التعرف على المشتبه به وتكوين ملف نفسي

F --> G التوصية بتحقيقات مستهدفة أو اعتقال

فهم طريقة في ثورة هو بل تقنيًا، تطورًا فقط ليس الجنائية العلوم في الأساسية المفاهيم مع الاصطناعي الذكاء دمج إن من الجنائية، العملية في خطوة كل من يتجزأ لا جزءًا AI يصبح أن يُتوقع التقدم، استمرار ومع .العدالة وتحقيق الجرائم المحكمة إلى التحليل.

## 4-24 التحديات والاتجاهات المستقبلية في العلوم الجنائية

- التحديات الحالية في مجال العلوم الجنائية
- تلوث الأدلة :من أكبر المشاكل التي تواجه التحقيقات، والتي تؤدي إلى رفض الأدلة في المحاكم.
- نقص الكوادر المؤهلة :الحاجة إلى خبراء مؤهلين في تقنيات التحليل الحديثة.

التطور السريع للتكنولوجيا :صعوبة مواكبة التطورات خاصة في الجرائم الإلكترونية.

- **4-25الاتجاهات المستقبلية**
- دمج الذكاء الاصطناعي بشكل أوسع في عمليات التحليل واتخاذ القرارات.
- التطوير المستمر للتقنيات الجنائية مثل تحليل الحمض النووي عالي الدقة، والتصوير المتقدم.
- توسيع التعاون الدولي لمكافحة الجرائم العابرة للحدود، خاصة الإلكترونية منها.
- التدريب والتأهيل المستمر للعاملين في المجال لمواكبة التطورات التقنية والقانونية.

## 4-26 أهمية البحوث العلمية والتطوير في العلوم الجنائية

تشكل الأبحاث العلمية الركيزة الأساسية لتطوير تقنيات جديدة تساعد في حل القضايا المعقدة بسرعة ودقة، مما يعزز من فعالية النظام القضائي ويضمن تحقيق العدالة.

# الفصـــل الخامـــس

# خطوات إجراء التحليل الكروماتوغرافي

## 5-1 تعريف الكروماتوغرافيا:

تُعد تقنية فصل الكروماتوغرافي من أهم التقنيات التحليلية المستخدمة في الكيمياء والبيولوجيا والطب الشرعي والعلوم البيئية والصناعية. تعتمد هذه التقنية على فصل مكونات الخليط المعقد إلى مكونات منفصلة يمكن تحديدها وتحليلها بدقة عالية. نشأت الكروماتوغرافي منذ بداية القرن العشرين، ومنذ ذلك الحين تطورت بشكل كبير مع التقدم التكنولوجي لتشمل عدة أنواع وأنظمة متطورة مثل الكروماتوغرافي الغازي وكروماتوغرافي السائل عالي الأداء.
يهدف هذا البحث إلى تقديم شرح شامل ومفصل حول تقنية فصل الكروماتوغرافي، بدءًا من المبادئ الأساسية، مرورًا بأنواعها المختلفة، الأجهزة المستخدمة، طرق التحليل، تطبيقاتها في مجالات متعددة، وصولاً إلى التحديات والاتجاهات المستقبلية. تُعد الكروماتوغرافي حجر الزاوية في كثير من المجالات البحثية والتطبيقية، وخصوصًا في مجال العلوم الجنائية والطب الشرعي.

الكروماتوغرافيا (Chromatography) هي إحدى أهم التقنيات التحليلية المستخدمة في الأدلة الجنائية لفصل وتحليل المركبات الكيميائية في العينات. وتُستخدم بشكل واسع لتحديد مكونات المواد المجهولة، مثل الأحبار، الأصباغ، المخدرات، السموم، المتفجرات، وحتى بقايا الوقود أو الألياف.

الكروماتوغرافيا هي تقنية فيزيائية-كيميائية تُستخدم لفصل مكونات خليط بناءً على اختلاف قدرتها على التوزيع بين طورين:

**الطور الثابت (Stationary Phase):** سطح ثابت تمتص عليه بعض مكونات العينة.

**الطور المتحرك (Mobile Phase):** سائل أو غاز يمر عبر الطور الثابت ويحمل معه مكونات العينة بسرعات مختلفة.

## 5-2 أنواع الكروماتوغرافيا في الأدلة الجنائية:

| الاستخدام | الطور المتحرك | النوع |
|---|---|---|
| تحليل الأحبار والأصباغ والمخدرات | سائل | كروماتوغرافيا الطبقة الرقيقة (TLC) |

| الاستخدام | الطور المتحرك | النوع |
|---|---|---|
| تحليل المتفجرات، المذيبات، المخدرات، السموم | غاز | كروماتوغرافيا الغاز (GC) |
| تحليل المواد البيولوجية والسموم والأدوية | سائل | كروماتوغرافيا السائل عالي الأداء (HPLC) |
| تحليل الأحبار البسيطة أو الصبغات | سائل | كروماتوغرافيا الورق |

## 5-3 تطبيقات الكروماتوغرافيا في الأدلة الجنائية:

- **تحليل الأحبار والأصباغ:**

تحديد ما إذا كانت الكتابة مزورة (أحبار مختلفة)

- **تحليل المستندات المشبوهة.**

- **كشف المخدرات والسموم:**

تحليل البول أو الدم للكشف عن مواد مخدرة أو سامة.

- **تحليل المتفجرات والوقود:**

كشف بقايا المتفجرات أو المواد القابلة للاشتعال في مسرح الجريمة.

- **التحليل المقارن:**

مقارنة عينات من مسرح الجريمة بعينات مأخوذة من المشتبه بهم (مثل الألياف أو مستحضرات التجميل).

## 5-4 أهميته في القانون الجنائي:

- ❖ تعتبر نتائج الكروماتوغرافيا دليلاً علميًا موثوقًا في المحاكم إذا تم تطبيقها بطريقة صحيحة.
- ❖ تعتمد عليها السلطات لتأكيد أو نفي وجود مواد ممنوعة أو مشبوهة.
- ❖ تُستخدم غالبًا إلى جانب تقنيات أخرى مثل التحليل الطيفي أو التحليل الجيني.

## 5-5 الطور الثابت والطور المتحرك

- ❖ الطور الثابت :(Stationary Phase) هو المادة التي تظل ثابتة في مكانها، وغالبًا ما تكون مادة صلبة أو سائلة مغطاة على مادة صلبة. تعمل على احتجاز مكونات العينة حسب طبيعتها الكيميائية.
- ❖ الطور المتحرك :(Mobile Phase) هو الوسط الذي يتحرك وينقل مكونات العينة عبر الطور الثابت، ويمكن أن يكون سائلاً أو غازيًا.

## 5-6 آلية الفصل

تمر مكونات الخليط في الطور المتحرك عبر الطور الثابت، وتتوقف سرعتها على مدى تفاعلها مع الطور الثابت. المركبات التي تتفاعل بشكل أقل مع الطور الثابت تتحرك بسرعة أكبر، والعكس صحيح، مما يؤدي إلى فصلها تدريجيًا.تبدأ عملية الفصل بحقن العينة في الجهاز حيث يمر الطور المتحرك عبر الطور الثابت داخل العمود. تتحرك مكونات العينة بسرعات مختلفة نتيجة لاختلاف تفاعل كل مكون مع الطور الثابت، مما يؤدي إلى فصلها تدريجيًا على طول العمود. يتم التحكم في ظروف التشغيل (الحرارة، الضغط، سرعة التدفق) لضمان أفضل فصل ممكن

### 5-6-1 العوامل المؤثرة على عملية الفصل

- ❖ نوع الطور الثابت :يؤثر تركيب وخصائص الطور الثابت على قوة التفاعل مع المركبات.
- ❖ نوع الطور المتحرك :سيولة، قطبية، وتركيب الطور المتحرك تؤثر على قابلية نقل المركبات.
- ❖ درجة الحرارة :تؤثر على حركة الجزيئات وسرعة الفصل، خاصة في الكروماتوغرافي الغازي.
- ❖ الضغط :يُستخدم في بعض الأنواع مثل HPLC لتحسين تدفق الطور المتحرك.
- ❖ سرعة التدفق :معدل حركة الطور المتحرك يؤثر على زمن الفصل ودقة التحليل.

## 5-7 أنواع الكروماتوغرافي

- ❖ الكروماتوغرافي الورقي(Paper Chromatography)

تُعد الكروماتوغرافي الورقي واحدة من أقدم وأبسط أنواع الكروماتوغرافي. تستخدم ورقة خاصة تمتص السائل (الطور المتحرك) وتحركه عبر الورقة بواسطة خاصية الشعيرية. عند تطبيق عينة خليط على نقطة في الورقة، تتحرك

المكونات المختلفة بسرعات مختلفة حسب تفاعلها مع الورقة والطور المتحرك، مما يؤدي إلى فصلها إلى بقع يمكن تحليلها بصريًا أو كيميائيًا.

- ✧ التطبيقات :تستخدم بشكل واسع في فصل الأحماض الأمينية، الأصباغ، والسكريات.
- ✧ مزايا :بسيطة ورخيصة.
- ✧ عيوب :دقة محدودة، غير مناسبة للعينات المعقدة.

### 5-7-1 كروماتوغرافي الطبقة الرقيقة(Thin Layer Chromatography - TLC)

تشبه هذه التقنية الكروماتوغرافي الورقي، ولكنها تستخدم طبقة رقيقة من مادة مثل السيليكا جيل على لوح زجاجي أو بلاستيكي كطور ثابت. توضع العينة على اللوح، وتُغمس في الطور المتحرك، حيث تتحرك المكونات وتتباعد.

- ✧ التطبيقات :تستخدم للتحقق من نقاء المواد، فصل المركبات العضوية.
- ✧ مزايا :أسرع من الورقية، توفر دقة أعلى.
- ✧ عيوب :لا تصلح للفصل الكمي الدقيق.

### 5-7-2 كروماتوغرافي الغاز(Gas Chromatography - GC)

في هذه التقنية، يُحول الخليط إلى غاز ويُمرر عبر عمود طويل يحتوي على طور ثابت. يتم فصل المكونات حسب التفاعل مع الطور الثابت ودرجة غليانها.

- ❖ التطبيقات :تحليل المواد المتطايرة مثل الهيدروكربونات، المركبات العضوية، السموم.
- ❖ مزايا :دقة عالية، سرعة تحليل، حساسية ممتازة.
- ❖ عيوب :غير مناسب للمواد غير المتطايرة أو الحرارية الحساسة.

### 5-7-3 كروماتوغرافي السائل عالي الأداء - (High Performance Liquid Chromatography HPLC)

تقنية متطورة تستخدم سائلًا عالي الضغط كطور متحرك وعمودًا يحتوي على طور ثابت دقيق المسامات.

يتم فصل المكونات بناءً على تفاعلها مع الطور الثابت والطور المتحرك.

- ❖ التطبيقات :تحليل المركبات الكبيرة والمعقدة، مثل البروتينات، الأدوية، المركبات البيولوجية.
- ❖ مزايا :دقة عالية، مناسبة لمجموعة واسعة من المواد، تحكم دقيق.
- ❖ عيوب :تكلفة عالية، يتطلب صيانة دورية.

### 5-7-4 كروماتوغرافي التبادل الأيوني(Ion Exchange Chromatography)

يستخدم هذا النوع لفصل الأيونات أو الجزيئات المشحونة عبر تفاعلها مع طور ثابت مشحون عكسيًا.

- ❖ التطبيقات :فصل البروتينات، الأحماض النووية، والشوارد.
- ❖ مزايا :فعال لفصل المركبات المشحونة.

- عيوب :يتطلب ضبط دقيق للـ pHوالملح.

### 5-7-5 كروماتوغرافي الجل(Gel Chromatography)

تعتمد هذه التقنية على فصل الجزيئات بناءً على الحجم، حيث تمر الجزيئات خلال شبكة جيلاتينية أو بوليمرية، وتُحتجز الجزيئات الأكبر بينما تمر الصغيرة بسهولة.

- التطبيقات :فصل البروتينات، الأحماض النووية، والجزيئات الحيوية الكبيرة.
- مزايا :غير مؤذية للعينات الحساسة.
- عيوب :فصل أبطأ مقارنة بأنواع أخرى.

### 5-7-6 كروماتوغرافي التخلخل(Exclusion Chromatography)

نوع خاص من كروماتوغرافي الجل يركز على استبعاد الجزيئات الكبيرة من الدخول في المسام، مما يؤدي إلى فصلها عن الجزيئات الصغيرة. الأجهزة والمعدات المستخدمة في الكروماتوغرافي

### 5-8 مكونات جهاز الكروماتوغرافي

- جميع أنواع أجهزة الكروماتوغرافي تحتوي على بعض المكونات الأساسية المشتركة:
- عمود الفصل :(Chromatographic Column) يحتوي على الطور الثابت الذي يتم من خلاله فصل مكونات العينة.
- نظام الطور المتحرك :(Mobile Phase System) يقوم بضخ الطور المتحرك (سائل أو غاز) عبر العمود.
- جهاز الحقن :(Injector) يضيف العينة إلى النظام بطريقة محكمة ومنظمة.
- الكاشف :(Detector) يكشف وجود المكونات المفصولة ويحولها إلى إشارات قابلة للقياس.
- نظام تسجيل البيانات :(Data System) يجمع البيانات ويعرضها عادة في شكل كروماتوغرام.

### 5-9 أجهزة الكروماتوغرافي الورقي والطبقة الرقيقة

- الكروماتوغرافي الورقي :يستخدم ورق خاص يوضع على صينية ويتم وضع الطور المتحرك في أسفل الورقة. لا يحتاج إلى أجهزة معقدة، ويتم تحليل النتائج بصريًا.
- كروماتوغرافي الطبقة الرقيقة :(TLC) يستخدم ألواح مغطاة بالطور الثابت (مثل السيليكا جيل)، ويوضع الطور المتحرك في حجرة مغلقة تسمح بانتشاره. تُستخدم أجهزة كشف للأشعة فوق البنفسجية لتحليل النتائج.

### 5-10 أجهزة الكروماتوغرافي الغازي(GC)

- العمود :أنبوب طويل رفيع ملفوف داخل فرن يمكن التحكم في حرارته.
- نظام الحقن :يحمى ويحول العينة إلى بخار ثم يحقنها في العمود.
- الكاشفات الشائعة :كاشف الموصلية الحرارية(TCD) ، كاشف أيون اللهب.(FID)

- نظام التحكم :يحكم بدرجة الحرارة وتدفق الغاز.
- نظام تسجيل البيانات :يعرض الكروماتوغرام ويوثق التحليل.

## 5-11 أجهزة الكروماتوغرافي السائل عالي الأداء(HPLC)

- المضخة :(Pump) تضغط الطور المتحرك وتدفعه عبر العمود بسرعة دقيقة.
- العمود :يحتوي على طور ثابت دقيق المسامات، مصنوع من زجاج أو معدن.
- جهاز الحقن :يقوم بحقن كميات دقيقة من العينة.
- الكاشف :يمكن أن يكون كاشفًا بالامتصاص فوق البنفسجي(UV) ، أو كاشفًا بمقاومة التوصيل، أو كاشفًا بالفلوريسنس.
- نظام الكمبيوتر :للتحكم في العملية وتحليل البيانات.

## 5-12 أجهزة الكشف والتحليل

- الكاشفات هي المكونات التي تحول فصل المكونات إلى إشارات يمكن تسجيلها. من أشهر أنواع الكاشفات:
- كاشف الامتصاص فوق البنفسجي والمرئي :(UV-Vis Detector) للكشف عن المركبات التي تمتص في نطاق الأشعة فوق البنفسجية أو الضوء المرئي.
- كاشف اللهب الأيوني :(FID) يستخدم في GC للكشف عن المركبات العضوية.
- كاشف الطيف الكتلي :(Mass Spectrometer) يمكن ربطه بأنظمة GC أو HPLC لتحليل المكونات بدقة عالية.
- كاشف الموصيلية :(Conductivity Detector) للكشف عن الأيونات في المحاليل.

## 5-13 التحضير والإعداد للكروماتوغرافي

### 5-13-1 تحضير العينات

تحضير العينة خطوة أساسية للحصول على نتائج دقيقة وموثوقة في الكروماتوغرافي. يشمل تحضير العينات:

- تنقية العينة :إزالة الشوائب والمواد غير المرغوب فيها.
- تركيز العينة :قد يكون من الضروري تركيز العينة لزيادة حساسية الكشف.
- إذابة العينة :إذابة العينة في مذيب مناسب يتوافق مع الطور المتحرك.
- ترشيح العينة :خاصة فيHPLC ، حيث يجب إزالة الجسيمات الصلبة لمنع انسداد العمود.

### 5-13-2 اختيار الطور المتحرك والطبيعة الكيميائية للعينة

- اختيار الطور المتحرك المناسب يعتمد على:
- قطبية العينة :يفضل اختيار مذيب بقطبية مناسبة لتسهيل فصل المكونات.

- التوافق مع الطور الثابت :لضمان اختلاف تفاعل المكونات مع الطورين.
- الاستقرار الكيميائي :يجب أن لا يتفاعل الطور المتحرك مع العينة أو الطور الثابت.

فيGC ، غالبًا ما يكون الطور المتحرك غازاً خاملاً مثل الهيليوم أو النيتروجين. فيHPLC ، يستخدم خليط من مذيبات عضوية وماء.

### 5-13-3 طرق الحقن وتحميل العينة

- الحقن اليدوي :باستخدام ماصة أو حقنة، مناسب للكروماتوغرافي الورقي و.TLC
- الحقن الآلي :في GC وHPLC، حيث يتم تحميل كمية دقيقة من العينة تلقائيًا لضمان دقة التكرار.
- الحقن المستمر :يستخدم في بعض الأنظمة للتدفق المستمر للعينات.

### 5-14 ضبط معايير التشغيل

- درجة الحرارة :يجب ضبطها حسب نوع العينة ونوع الكروماتوغرافي، خاصة في.GC
- سرعة تدفق الطور المتحرك :تؤثر على زمن الفصل ودقة التحليل.
- ضغط النظام :فيHPLC ، يجب التحكم في الضغط لتجنب تلف الأعمدة.
- وقت التحليل :ضبط مدة تشغيل الجهاز لضمان فصل كامل للمكونات.

### 5-15 الكشف عن المكونات

- بعد الفصل، تمر المكونات المفصولة إلى الكاشف، الذي يقوم بتحويل وجود كل مكون إلى إشارة كهربائية أو ضوئية. تعتمد نوعية الإشارة على نوع الكاشف المستخدم:
- الكواشف البصرية :مثل كاشف الامتصاص فوق البنفسجي.
- الكواشف الكيميائية :مثل كاشف اللهب الأيوني.
- الكواشف الطيفية :مثل كاشف الطيف الكتلي.(MS)

### 5-16 تفسير النتائج

تُعرض النتائج عادة في شكل كروماتوغرام، وهو رسم بياني يمثل الإشارة مقابل الزمن. كل قمة (Peak) في الكروماتوغرام تمثل مكونًا مختلفًا في العينة. يمكن تحديد هوية المكونات من خلال:

- زمن الاحتفاظ :(Retention Time) الوقت الذي تستغرقه المكون للوصول للكاشف.
- مساحة القمة :تعكس كمية المكون.

### 5-17 كيفية التعامل مع التشويش والضوضاء

- معايرة الجهاز :ضرورة إجراء معايرة دورية باستخدام معايير معروفة.
- تنقية العينات :للتقليل من الملوثات التي قد تسبب تشويشًا.

- تنظيف الأعمدة :للحفاظ على كفاءة الفصل وتقليل الضوضاء.
- اختيار الكاشف المناسب :لتحسين الحساسية وتقليل الإشارات غير المرغوبة.

## 5-18 التطبيقات العملية لتقنية الكروماتوغرافي

### 5-18-1 التطبيقات في الكيمياء التحليلية

تُستخدم الكروماتوغرافي لفصل وتحليل المركبات الكيميائية المختلفة في العينات المعقدة، مما يساعد في:

- تحديد نقاوة المواد.
- تحليل مكونات المركبات العضوية وغير العضوية.
- مراقبة التفاعلات الكيميائية وتحديد نواتجها.

### 5-18-2 التطبيقات في الطب والبيولوجيا

- فصل وتحليل البروتينات، الأحماض النووية، والهرمونات.
- تشخيص الأمراض عبر تحليل سوائل الجسم.
- دراسة المركبات الدوائية وعمليات الأيض.

### 5-18-3 التطبيقات في علوم البيئة

- كشف وتحديد الملوثات في المياه، التربة، والهواء.
- متابعة مستويات المبيدات الحشرية والمعادن الثقيلة.
- تحليل المركبات العضوية المتطايرة والمواد الكيميائية الصناعية.

### 5-18-4 التطبيقات في الصناعات الغذائية

- تحليل مكونات الأغذية لضمان جودتها وسلامتها.
- الكشف عن المواد الحافظة والملونات.
- مراقبة المحتوى الغذائي مثل الفيتامينات والأحماض الدهنية.

### 5-18-5 التطبيقات في العلوم الجنائية والطب الشرعي

- تحليل المواد المخدرة والسموم في عينات الدم والبول.
- تحديد أصناف الحبر والمواد الكيميائية المستخدمة في الأدلة.
- فصل وتحليل آثار متفرقة من مسرح الجريمة مثل بقايا المتفجرات أو البوليمرات.
- دعم التحقيقات القضائية من خلال تقديم أدلة دقيقة ومثبتة علميًا.

## 5-19 مزايا وعيوب تقنية الكروماتوغرافي

### 5-19-1 مزايا تقنية الكروماتوغرافي

- دقة عالية في الفصل :تمكن من فصل مكونات خليط معقدة بدقة كبيرة.

- ✧ حساسية ممتازة :قادرة على الكشف عن كميات صغيرة جدًا من المواد.
- ✧ تعدد التطبيقات :يمكن استخدامها في مختلف المجالات العلمية والصناعية.
- ✧ سرعة التحليل :خاصة في تقنيات مثل HPLC وGC.
- ✧ تحليل متزامن :إمكانية فصل وتحليل عدة مركبات في وقت واحد.
- ✧ مرونة :إمكانية اختيار الطور المتحرك والثابت حسب طبيعة العينة.

### ✧ 5-19-2 عيوب تقنية الكروماتوغرافي

- ✧ تكلفة الأجهزة والصيانة :خاصة في أنظمة HPLC و GCالحديثة.
- ✧ الحاجة إلى تجهيز جيد للعينات :لإزالة الشوائب وتجنب انسداد الأعمدة.
- ✧ تعقيد التشغيل :تتطلب خبرة فنية في التشغيل والتحليل.
- ✧ القيود على بعض المواد :مثل المواد غير القابلة للتبخير في.GC
- ✧ مدة التشغيل :في بعض التقنيات قد تستغرق وقتًا طويلًا حسب نوع العينة.

## 5-20 المعايرة والضبط في الكروماتوغرافي

### 5-20-1 أهمية المعايرة في الكروماتوغرافي

- ✧ المعايرة هي عملية أساسية لضمان دقة وموثوقية النتائج في أي تقنية كروماتوغرافي. تهدف إلى:
- ✧ تصحيح الانحرافات في الأجهزة.
- ✧ تحسين دقة تحديد زمن الاحتفاظ.
- ✧ تحديد كفاءة الفصل.
- ✧ ضمان تكرار النتائج عبر تحاليل متعددة.

### 5-20-2 طرق المعايرة

- ✧ المعايرة باستخدام معايير قياسية :تعتمد على تحليل عينات معروفة التركيب والكمية.
- ✧ معايرة زمن الاحتفاظ :(Retention Time Calibration) استخدام مركبات معيارية لتحديد أوقات الاحتفاظ.
- ✧ معايرة الحساسية :تحديد أدنى تركيز يمكن للجهاز كشفه.
- ✧ معايرة الخطية :التحقق من استجابة الجهاز للتركيزات المختلفة.

### 5-20-3 ضبط الأجهزة

- ✧ تنظيف الأعمدة :إزالة الرواسب والملوثات.
- ✧ ضبط تدفق الطور المتحرك :حسب توصيات الشركة المصنعة.
- ✧ مراقبة درجة الحرارة :خاصة في الكروماتوغرافي الغازي.

- فحص الكاشفات :للتأكد من استجابتها الصحيحة.

### 5-20-4 صيانة الجهاز

- الصيانة الدورية ضرورية للحفاظ على كفاءة الجهاز وطول عمره التشغيلي.
- تشمل استبدال الأجزاء المستهلكة، فحص المضخات، وتنظيف الأنابيب.

التحديات والقيود في تقنية الكروماتوغرافي

## 5-21 التحديات التقنية

- انسداد الأعمدة :تراكم الجسيمات والشوائب داخل الأعمدة يؤدي إلى تراجع الأداء.
- تآكل الأعمدة :الاستخدام المستمر قد يسبب تلفًا في الطور الثابت.
- تفاوت درجة الحرارة :يؤثر بشكل كبير على زمن الاحتفاظ ودقة الفصل في الكروماتوغرافي الغازي.
- تسربات الطور المتحرك :تؤثر على ضغط النظام واستقراره.

## 5-22 التحديات في تحضير العينات

- وجود ملوثات :قد تؤدي إلى نتائج غير دقيقة أو تشويش في الكروماتوغرام.
- عدم توافق المذيب مع الجهاز :يسبب تلف الأعمدة أو الكاشفات.
- تغير طبيعة العينة أثناء التحضير :قد يؤثر على نتائج التحليل.

## 5-23 القيود المرتبطة بالمواد

- عدم قابلية بعض المركبات للتبخير :تحد من استخدام.GC
- تحلل بعض المركبات عند درجات حرارة عالية.
- التفاعلات الكيميائية غير المرغوب فيها بين مكونات العينة والطور الثابت أو المتحرك.

## 5-24 قيود في التحليل الكمي

- حساسية الجهاز :قد لا تكون كافية للكشف عن تركيزات منخفضة جدًا.
- تداخل الذروات :فصل غير كامل يؤدي إلى تداخل القمم ويصعب تفسير النتائج.
- تكرار النتائج :قد تتأثر بتغير ظروف التشغيل.

## 5-25 الاتجاهات الحديثة والتطورات المستقبلية في الكروماتوغرافي

### 5-25-1 التطورات التقنية الحديثة

- الكروماتوغرافي الميكروي :(Micro chromatography) تقنيات تعتمد على أعمدة وأجهزة صغيرة الحجم، مما يقلل من استهلاك العينات والمذيبات.

- الكروماتوغرافي عالي السرعة :(Ultra-High Performance Liquid Chromatography - UHPLC) يستخدم أعمدة ذات حبيبات أصغر لتحسين سرعة الفصل ودقته.
- الكروماتوغرافي المتكامل مع الكواشف الطيفية :مثل الربط مع مطياف الكتلة (MS) أو الأشعة تحت الحمراء (IR) للحصول على معلومات تركيبية دقيقة.

### 5-25-2 الذكاء الاصطناعي وتحليل البيانات

استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي لتحليل بيانات الكروماتوغرافي، مما يساعد في:

- التعرف التلقائي على الذروات.
- تحسين التفسير الكمي والنوعي.
- التنبؤ بسلوك المركبات في العمود.

### 5-25-3 الكروماتوغرافي في التطبيقات النانوية

- تطور استخدام الكروماتوغرافي لفصل وتحليل الجسيمات النانوية، مما يفتح آفاقاً جديدة في المجالات الطبية والصناعية.

### 5-25-4 الاستدامة في الكروماتوغرافي

- تطوير مذيبات ومواد صديقة للبيئة.
- تقليل استهلاك المواد الكيميائية والفضلات.

### 5-25-5 تحديات وفرص المستقبل

- الحاجة إلى تقنيات أكثر دقة ومرونة.
- التعامل مع العينات المعقدة بشكل أفضل.
- تطوير أنظمة تحليل أسرع وأكثر تكلفة فعالة.

## 5-26 التحليل الكروماتوغرافي في المجال الجنائي والطب الشرعي

### 5-26-1 دور الكروماتوغرافي في الطب الشرعي

يُعتبر الكروماتوغرافي أداة مهمة في الطب الشرعي لتحليل الأدلة من مسرح الجريمة. يتم استخدامه في:

- تحديد المواد الكيميائية في العينات البيولوجية (دم، بول، لعاب).
- الكشف عن المخدرات والسموم.
- تحليل الأصباغ والحبر في الوثائق المزورة.
- دراسة بقايا المتفجرات والمواد الكيميائية.

### 5-26-2 تحليل السموم والمخدرات

تُستخدم تقنيات HPLC و GCبشكل واسع في الكشف والتحليل الدقيق لأنواع المخدرات المختلفة والسموم، مما يساعد في تقديم أدلة قوية في التحقيقات الجنائية.

### 5-26-3 تحليل الأصباغ والمواد الكيميائية

الكروماتوغرافي يساعد في مقارنة وتحليل الأصباغ المستخدمة في الجرائم مثل التزوير أو السرقة.

## 5-27 الكروماتوغرافي في تحليل الأدلة البيئية والجغرافية

### 5-27-1 أهمية الكروماتوغرافي في تحليل الأدلة البيئية

- فصل وتحليل الملوثات العضوية وغير العضوية في التربة والمياه.
- الكشف عن المبيدات الحشرية والمواد الكيميائية الصناعية.
- متابعة مستويات التلوث في مواقع الجريمة أو الحوادث البيئية.

### 5-27-2 تحليل الأدلة الجغرافية

- دراسة الرواسب المعدنية والعناصر الكيميائية في عينات التربة.
- تحديد المصدر الجغرافي للمواد المشبوهة عبر تحليل مكوناتها الكيميائية.
- ربط الأدلة بمواقع محددة اعتمادًا على الخصائص الكيميائية والفزيائية.

### 5-27-3 تقنيات الكروماتوغرافي المستخدمة

- استخدام HPLC و GC في تحاليل دقيقة للعينات البيئية.
- تطبيق الكروماتوغرافي الطبقي لفحص عينات التربة.
- الربط مع مطياف الكتلة (MS) لتحليل مركبات معقدة.

## 5-28 الكروماتوغرافي في الصناعات الدوائية

### 5-28-1 دور الكروماتوغرافي في تطوير الأدوية

- تحليل نقاوة المواد الخام.
- مراقبة التفاعلات الكيميائية أثناء تصنيع الدواء.
- تحديد مكونات الدواء النهائية وضمان جودتها.

### 5-28-2 فحص الأدوية والكشف عن التلوث

- الكشف عن الملوثات والشوائب في المنتجات الدوائية.
- ضمان استقرار الأدوية عبر تحليل منتجات التحلل.
- دراسة تحلل الدواء داخل الجسم (تحليل الأيض).

### 5-28-3 تقنيات الكروماتوغرافي المستخدمة في الصناعة الدوائية

- HPLC: الاستخدام الرئيسي لفصل وتحليل المركبات العضوية.
- GC: تحليل المواد الطيارة.
- الربط مع مطياف الكتلة (MS) للتأكد من هوية المركبات.

### 5-28-4 المعايير التنظيمية

- ضرورة الالتزام بمعايير الجودة والرقابة الصارمة باستخدام الكروماتوغرافي.
- دور الكروماتوغرافي في تلبية متطلبات الهيئات الرقابية مثل FDA و.EMA

## 5-29 الكروماتوغرافي في الصناعات الغذائية والزراعية

### 5-29-1 مراقبة جودة المنتجات الغذائية

- تحليل مكونات الأغذية لضمان سلامتها.
- الكشف عن الملوثات مثل المبيدات الحشرية والمواد الكيميائية.
- تحديد الفيتامينات والأحماض الدهنية.

### 5-29-2 دراسة المواد الحافظة والملونات

- فصل وتحليل المواد المضافة لضمان مطابقتها للمواصفات.
- الكشف عن المواد الضارة أو المغشوشة.

### 5-29-3 التطبيقات في الزراعة

- مراقبة بقايا المبيدات في المحاصيل الزراعية.
- تحليل التربة لتحديد مستويات العناصر الغذائية والملوثات.

### 5-29-4 - 5 تقنيات الكروماتوغرافي المستخدمة

- HPLC لفصل المكونات العضوية في الأغذية.
- GC لتحليل المركبات الطيارة في المنتجات الزراعية.

## 5-30 أساسيات نظرية لفصل الكروماتوغرافي

### 5-30-1 المبادئ الأساسية لفصل الكروماتوغرافي

- الفصل بناءً على التوزيع :تعتمد الكروماتوغرافي على اختلاف توزيع المكونات بين الطور الثابت والطور المتحرك.
- التوازن الكيميائي :مكونات العينة تتوازن بين الطورين وفقًا لقوانين الديناميكا الحرارية.
- زمن الاحتفاظ :يمثل الوقت الذي تستغرقه المادة للمرور عبر العمود، ويختلف باختلاف تفاعل المادة مع الطور الثابت.

### 5-30-2 أنواع التفاعلات في الكروماتوغرافي

- الفصل الكيميائي :مثل تبادل الأيونات.
- الفصل الفيزيائي :مثل الامتزاز، التقطير، والذوبان.
- الفصل الحركي :يعتمد على اختلاف سرعات انتقال المكونات.

### 5-30-3 معادلات الكروماتوغرافي

- معادلة فان ديمتر-بلاتيه لانتشار المكونات.
- معادلة دالينغ لتوصيف نقل المادة.

### 5-30-4 عوامل تؤثر على الفصل

- طول وقطر العمود.
- طبيعة الطور الثابت والمتحرك.
- درجة الحرارة وضغط النظام.

## 5-31 أنواع الكروماتوغرافي وتقنياتها

### 5-31-1 الكروماتوغرافي الغازي(Gas Chromatography - GC)

- فصل المركبات القابلة للتبخير باستخدام غاز كطور متحرك.
- استخدام أعمدة طويلة مع طور ثابت على الجدران الداخلية.
- تطبيقات في تحليل المركبات العضوية الطيارة.

### 5-30-2 الكروماتوغرافي السائل عالي الأداء - (High Performance Liquid Chromatography HPLC)

- استخدام مضخة لضغط الطور السائل المتحرك عبر العمود.
- أعمدة محشوة بحبيبات دقيقة لزيادة مساحة السطح.
- مناسبة لتحليل المركبات غير القابلة للتبخير.

### 5-30-3 الكروماتوغرافي الطبقي الرقيق(Thin Layer Chromatography - TLC)

- فصل المكونات على سطح طبقة رقيقة من الطور الثابت.
- استخدامات سريعة وبسيطة للفصل النوعي.

### 5-30-4 كروماتوغرافي تبادل الأيونات

- فصل المكونات حسب شحنتها الكهربائية.
- يستخدم في تحليل البروتينات، الأحماض النووية، والأيونات.

### 5-30-5 كروماتوغرافي الامتزاز(Adsorption Chromatography)

- ❖ يعتمد على الامتزاز الانتقائي للمكونات على سطح الطور الثابت.

### 5-30-6 كروماتوغرافي الحجم(Size Exclusion Chromatography - SEC)

- ❖ فصل الجزيئات حسب حجمها.
- ❖ مفيد في تحليل البوليمرات والبروتينات الكبيرة.

## 5-31 إعداد العينات وتحضيرها لتحليل الكروماتوغرافي

### 5-31-1 أهمية تحضير العينات

- ❖ تحضير العينة بشكل صحيح يضمن دقة النتائج وجودتها.
- ❖ إزالة الشوائب التي قد تسبب انسداد الأعمدة أو تشويش النتائج.

### 5-31-2 خطوات تحضير العينات

- ❖ التقطير والتصفية :لإزالة الجزيئات الصلبة والمواد غير المرغوبة.
- ❖ الترشيح :باستخدام مرشحات دقيقة لإزالة الجسيمات.
- ❖ التخفيف :لتحقيق التركيز المناسب للعينات.
- ❖ التكثيف أو التبخير :لزيادة تركيز المكونات المراد تحليلها.

### 5-31-3 اختيار المذيب المناسب

- ❖ يجب أن يكون المذيب متوافقًا مع طبيعة العينة والجهاز.
- ❖ المذيبات الشائعة: الماء، الميثانول، الأسيتون، الأثير.

### 5-31-4 المشاكل الشائعة في تحضير العينات

- ❖ تلوث العينة.
- ❖ فقدان المكونات أثناء التحضير.
- ❖ تغير طبيعة العينة نتيجة التفاعل مع المذيب.

## 5-32 الكواشف وأجهزة الكشف في الكروماتوغرافي

### 5-32-1 أهمية الكواشف في تقنية الكروماتوغرافي

- ❖ تحويل المكونات المفصولة إلى إشارات يمكن قياسها وتحليلها.
- ❖ تحديد نوعية وكمية المكونات في العينة.

### 5-32-2 أنواع الكواشف

- ❖ **الكواشف البصرية:**
  - ✧ تعتمد على امتصاص أو انبعاث الضوء.

- ✧ مثال: كاشف الامتصاص فوق البنفسجي.(UV-Vis)
- ❖ **الكواشف الكيميائية:**
- ✧ تتفاعل كيميائيًا مع المكونات لإنتاج إشارة.
- ✧ مثال: كاشف اللهب الأيوني.(FID)
- ❖ **الكواشف الطيفية:**
- ✧ تعتمد على خصائص الطيفية للجزيئات.
- ✧ مثال: مطياف الكتلة(MS) ، الأشعة تحت الحمراء.(IR)

### 5-32-3 خصائص الكواشف المثالية

- ❖ حساسية عالية.
- ❖ استجابة خطية مع التركيز.
- ❖ قدرة على الكشف عن مجموعة واسعة من المركبات.
- ❖ استقرار وموثوقية في الأداء.

### 5-32-4 صيانة الكواشف وضبطها

- ❖ تنظيف دورية لتجنب التلوث.
- ❖ معايرة لضمان دقة الإشارات.
- ❖ استبدال الأجزاء المستهلكة.

## 5-33 تحليل البيانات وتفسير النتائج في الكروماتوغرافي

### 5-33-1 قراءة الكروماتوغرام

- ❖ تعريف الكروماتوغرام: رسم بياني يمثل إشارة الكاشف مقابل زمن التحليل.
- ❖ الذروات :(Peaks) تمثل مكونات العينة المفصولة.
- ❖ زمن الاحتفاظ :(Retention Time) الوقت الذي تستغرقه المكونات للمرور خلال العمود.

### 5-33-2 تفسير الذروات

- ❖ موقع الذروة :يحدد هوية المركب.
- ❖ ارتفاع الذروة ومساحتها :مرتبطة بكمية المركب.
- ❖ عرض الذروة :مؤشر على كفاءة الفصل.

### 5-33-3 طرق التحليل الكمي

- ❖ استخدام منحنيات المعايرة لترجمة مساحة الذروة إلى تركيز.
- ❖ حساب نسبة المكونات في الخليط.

### 5-33-4 معالجة البيانات

- ❖ تصحيح الخلفية.
- ❖ إزالة التشويش.
- ❖ دمج الذروات المتداخلة.

### 5-33-5 استخدام البرمجيات الحديثة

- ❖ برمجيات تحليل الكروماتوغرافي تساعد في التفسير السريع والدقيق.
- ❖ إمكانية الربط مع قواعد بيانات المركبات.

## 5-34 السلامة والاحتياطات في استخدام تقنيات الكروماتوغرافي

### 5-34-1 أهمية السلامة في المختبرات

- ❖ التعامل الآمن مع المواد الكيميائية والمذيبات.
- ❖ تقليل مخاطر الحوادث والإصابات.

## 5-35 احتياطات التعامل مع المذيبات والمواد الكيميائية

- ❖ استخدام معدات الحماية الشخصية (النظارات، القفازات، المعاطف).
- ❖ العمل في مناطق جيدة التهوية أو تحت شفاطات.
- ❖ التخزين الآمن للمواد الكيميائية.

### 5-35-1 التعامل مع الأجهزة

- ❖ التدريب على استخدام الأجهزة بشكل صحيح.
- ❖ تجنب التعرض للضغط العالي والحرارة العالية.
- ❖ الصيانة الدورية لتجنب الأعطال المفاجئة.

### 5-35-2 إجراءات الطوارئ

- ❖ معرفة مواقع معدات الإسعاف والطوارئ.
- ❖ إجراءات التعامل مع انسكاب المواد الكيميائية.
- ❖ الإبلاغ الفوري عن الحوادث.

إن تقنية الكروماتوغرافي تمثل أداة تحليلية محورية في مجالات متعددة، أبرزها الأدلة الجنائية. وقد أظهر هذا الفصل أهمية فهم خطوات إجراء التحليل الكروماتوغرافي من حيث المبادئ النظرية، الأجهزة، المعايير التشغيلية، وتفسير النتائج. ومع تعاظم دور هذه التقنية في كشف المواد وتحليل العينات المعقدة، تزداد الحاجة إلى تكاملها مع الأطر القانونية، بما يضمن موثوقية النتائج واعتمادها كأدلة مقبولة قضائيًا. ويشكل الالتزام بالمعايير التقنية والتشريعية في هذا المجال ركيزة أساسية لضمان العدالة الجنائية ودقة الاستدلال العلمي . يمثل التحليل الكروماتوغرافي أحد الأعمدة

الأساسية في منظومة التحليل الجنائي الحديث، لما يوفره من قدرة عالية على فصل وتحديد المركبات الكيميائية بدقة وموثوقية. وقد تناول هذا الفصل بالتفصيل خطوات إجراء هذا التحليل، بدءًا من اختيار الطورين الثابت والمتحرك، مرورًا بأنواع الكروماتوغرافي المختلفة، وانتهاءً بتفسير النتائج وتوظيفها في تحليل الأدلة الجنائية والبيئية والدوائية.

ولم تقف أهمية الكروماتوغرافي عند حدوده العلمية فحسب، بل امتدت لتشكل دعامة قانونية قوية تُستخدم في المحاكم كأدلة علمية حاسمة، شرط أن يتم تنفيذها وفق المعايير التقنية والتشريعية المعترف بها. فنتائج التحليل الكروماتوغرافي أصبحت تُعد من الأدلة المقبولة قضائيًا، بشرط الحفاظ على سلسلة الحيازة(Chain of Custody) ، والامتثال للضوابط القانونية في جمع وتحليل العينا

ومع التطور المتسارع في التكنولوجيا التحليلية، واندماج تقنيات الذكاء الاصطناعي في قراءة الكروماتوغرام وتفسير نتائجه، تبرز الحاجة اليوم إلى تحديث الأطر القانونية والتشريعية بما يواكب هذه الطفرات العلمية، لضمان حماية حقوق الأفراد من جهة، وتقديم أدلة جنائية دامغة من جهة أخرى.

وعليه، فإن الفهم الدقيق لخطوات التحليل الكروماتوغرافي لا يمثل فقط ضرورة علمية، بل يعد أداةً قانونية فعالة تسهم في ترسيخ العدالة، وتدعيم القرائن بالأدلة المختبرية التي لا تقبل التأويل

# الــفصل الســادس

# تقنيات الكشف التقليدية للمتفجرات والكمائن

## 6-تقنيات الكشف التقليدية للمتفجرات والكمائن

رغم التطور السريع في مجال الذكاء الاصطناعي، لا يزال الكشف التقليدي للمتفجرات والكمائن يشكل الأساس في عمليات الأمن ومكافحة الإرهاب. يتناول هذا الفصل أهم الأجهزة والطرق المستخدمة تقليديًا، مع شرح حدودها وقيودها التي دفعت إلى تبني تقنيات الذكاء الاصطناعي.

### 6-1 أجهزة الكشف الكيميائي والفيزيائي

#### 6-1-1 أجهزة الكشف الكيميائي

- **الكواشف اللونية :(Colorimetric Detectors)** تستخدم مواد كيميائية تتغير ألوانها عند ملامسة آثار المتفجرات.
- **أجهزة الكشف بالأشعة تحت الحمراء :(IR Spectroscopy)** تحدد تركيبات المواد الكيميائية بناءً على امتصاصها لأشعة.IR
- **الكواشف الإلكترونية :(Electronic Noses)** أجهزة تحتوي على مصفوفات من المجسات التي تكشف بخار المتفجرات.

### 6-2 أجهزة الكشف الفيزيائي

- **أجهزة الكشف بالموجات فوق الصوتية والرادار :**تحدد وجود أجسام معدنية أو غير معدنية مخفية تحت الأرض أو داخل السيارات.
- **أجهزة الكشف بالأشعة السينية :(X-Ray Scanners)** تستخدم في تفتيش الحقائب والبضائع للكشف عن المواد المشبوهة.
- **أجهزة الكشف بالأشعة النووية :(Neutron Activation Analysis)** تستخدم لتحديد المواد من خلال التفاعل النووي.

### 6-3 طرق الكشف اليدوي والآلي

- **التفتيش اليدوي :**يعتمد على الكلاب البوليسية المدربة وكشف المخلفات المادية للمتفجرات.
- **الروبوتات التفتيشية :**مزودة بكاميرات وأجهزة استشعار، تعمل في بيئات خطرة بعيدًا عن الإنسان.
- **أنظمة التفتيش الآلي :**تستخدم أجهزة متقدمة مثل ماسحات الأشعة السينية مع أنظمة تحليل بيانات محدودة.

## 6-4 حدود وعيوب الطرق التقليدية

- **حساسية محدودة :**قد تفشل في اكتشاف كميات صغيرة أو متفجرات مركبة.
- **ارتفاع معدلات الإنذارات الكاذبة :**بسبب تداخل المواد الكيميائية أو العوامل البيئية.
- **عدم القدرة على التمييز الدقيق :**بين مواد متفجرة شرعية وغير شرعية.
- **تعقيد بيئات الكمائن :**تجعل من الصعب الاعتماد فقط على الطرق التقليدية للكشف.
- **المخاطر على العنصر البشري :**في عمليات التفتيش اليدوي والمباشر.

الكشف التقليدي للمتفجرات والكمائن مهم وضروري، لكنه يواجه العديد من التحديات التي أدت إلى الحاجة إلى استحداث تقنيات أكثر ذكاءً وفعالية، خصوصًا تلك المبنية على الذكاء الاصطناعي التي سنتناولها في الفصول القادمة.

## 6-5 تطبيقات الذكاء الاصطناعي في اكتشاف المتفجرات

أدى التطور السريع في تقنيات الذكاء الاصطناعي (AI) والتعلم الآلي (ML) إلى تحسين كبير في قدرات الكشف عن المواد المتفجرة. تستند هذه التقنيات إلى تحليل كميات ضخمة من البيانات، واستخلاص أنماط دقيقة تساعد في الكشف المبكر وتقليل الأخطاء البشرية.

### 6-5-1 تحليل طيف المواد المتفجرة باستخدام التعلم الآلي

تستخدم تقنيات ML لتحليل الطيف الكيميائي للمتفجرات، حيث يتم تدريب نماذج على بيانات طيفية من متفجرات معروفة، ما يسمح بالتعرف الدقيق على المركبات الكيميائية حتى في كميات صغيرة جدًا. بعض الأساليب تشمل:

- **تحليل طيف الكتلة (Mass Spectrometry) بالاقتران مع ML:** تصنيف المركبات بناءً على البصمات الطيفية.
- **التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء مع التعلم العميق :**للتعرف على تركيبات كيميائية دقيقة.

هذه الأساليب تزيد من سرعة ودقة الكشف، خاصة في البيئات المعقدة.

### 6-5-2 التعرف على أنماط المواد المتفجرة في الصور والأشعة

باستخدام تقنيات الرؤية الحاسوبية، يمكن للذكاء الاصطناعي تحليل صور الأشعة السينية والفحوصات الحرارية لتحديد وجود مواد متفجرة داخل الحقائب أو السيارات. الشبكات العصبية الالتفافية (CNN) تلعب دورًا رئيسيًا في:

- ❖ تصنيف الصور إلى "مادة متفجرة" أو "غير متفجرة."
- ❖ الكشف عن أشكال وأنماط العبوات الناسفة المخفية.
- ❖ التمييز بين مواد متفجرة شرعية وغير مشبوهة.

### 6-5-3 كشف المتفجرات عبر البيانات السلوكية والمخابر

يمكن للأنظمة الذكية تحليل البيانات السلوكية مثل حركة الأشخاص، أنماط المرور، أو الاتصالات المشبوهة لاقتفاء أثر التخطيط لوضع متفجرات. بالإضافة إلى ذلك، تستخدم AI في تحليل نتائج المختبرات الجنائية:

- ❖ التحقق من تطابق المواد المتفجرة مع قواعد بيانات معروفة.
- ❖ التنبؤ بمصدر المواد بناءً على بصمات كيميائية متقدمة.

### 6-5-4 أنظمة ذكاء اصطناعي مدمجة للكشف

هناك أنظمة متقدمة تجمع بين عدة تقنيات مثل معالجة الصور، التحليل الكيميائي، والاستشعار عن بعد، مما يتيح كشفًا شاملًا:

- ❖ **أنظمة الكشف المحمولة :**تستخدم في الميدان من قبل قوات الأمن.
- ❖ **الروبوتات الذكية :**تفحص المواقع الخطرة وتتعامل مع المتفجرات بكفاءة عالية.

### 6-5-5 فوائد استخدام الذكاء الاصطناعي في اكتشاف المتفجرات

- ❖ زيادة الدقة وتقليل الأخطاء البشرية.
- ❖ الكشف في الوقت الحقيقي.
- ❖ القدرة على التعامل مع بيانات معقدة ومتنوعة.
- ❖ تحسين السلامة البشرية.

تمثل تقنيات الذكاء الاصطناعي ثورة في مجال كشف المتفجرات، حيث توفر أدوات أكثر ذكاءً ودقة مقارنة بالطرق التقليدية، مع إمكانيات كبيرة للتطوير المستقبلي.

## 6-6 الذكاء الاصطناعي في الكشف عن الكمائن الخداعية

الكمائن الخداعية تشكل تهديدًا كبيرًا للأمن، فهي تُستخدم لإيقاع الأفراد أو القوات في مواقف خطرة. الكشف الفعال عن هذه الكمائن يتطلب تقنيات متقدمة قادرة على تحليل البيئة المحيطة واكتشاف العلامات الخفية التي تدل على وجود كمين. هنا يأتي دور الذكاء الاصطناعي (AI) في تحسين قدرات الكشف والتنبؤ.

### 6-6-1 تحليل البيئة والتمويه باستخدام الذكاء الاصطناعي

تتمثل الخطوة الأولى في استخدام AI في تحليل البيئة المحيطة لاكتشاف التغييرات الدقيقة أو الأنماط غير الطبيعية التي قد تشير إلى وجود كمين:

- **المقارنة الزمنية للصور :**باستخدام تقنيات التعلم العميق لتحليل صور التقطت في أوقات مختلفة واكتشاف تغييرات قد تدل على كمائن مخفية.
- **استخدام مستشعرات متعددة :**دمج البيانات من كاميرات حرارية، رادارات، وأجهزة استشعار أخرى، لتحليل البيئة من عدة زوايا.
- **التعرف على التمويه :**خوارزميات الذكاء الاصطناعي تتعلم كيف تميز التمويه عن البيئة الطبيعية، مثل اكتشاف غطاء الخشب أو الأغطية البلاستيكية التي تخفي كمينًا.

### 6-6-2 التعرف على الكمائن بواسطة الرؤية الحاسوبية

الرؤية الحاسوبية (Computer Vision) تستخدم لتحليل الصور والفيديوهات الميدانية لاكتشاف المؤشرات البصرية للكمائن:

- **الكشف التلقائي للأشكال غير الطبيعية :**مثل الأسلاك، الحبال، أو العبوات غير المعتادة.
- **استخدام الشبكات العصبية الالتفافية :(CNN)** لتصنيف مناطق الصورة وتحليلها بدقة للكشف عن علامات الكمائن.
- **التعرف على الأنماط المتكررة :**التي تشير إلى أماكن إقامة الكمائن بناءً على البيانات التاريخية.

### 6-6-3 تحليل بيانات أجهزة الاستشعار المتقدمة

الكمائن غالبًا ما تكون مجهزة بأجهزة استشعار مثل:

- **أجهزة الكشف عن الحركة والاهتزاز :**تلتقط تحركات مريبة أو اهتزازات صغيرة.

- **أجهزة الكشف عن المواد الكيميائية :**لتحديد وجود متفجرات أو مواد مشبوهة.
- **الرادارات المحمولة :**لتحليل التضاريس وكشف الأجسام المخفية.

يتم دمج هذه البيانات وتحليلها باستخدام خوارزميات الذكاء الاصطناعي لتوفير تنبيهات فورية ودقيقة.

### 6-6-4 أنظمة الذكاء الاصطناعي في الكشف المبكر والتنبؤ

- **أنظمة التنبؤ المبنيّة على البيانات التاريخية :**تستخدم بيانات سابقة حول الكمائن لتوقع أماكن جديدة محتملة.
- **الذكاء الاصطناعي التعاوني :**حيث تعمل عدة أنظمة أو أجهزة معًا لتبادل البيانات وتحليلها بشكل جماعي لتحسين دقة الكشف.

### 6-6-5 تحديات استخدام الذكاء الاصطناعي في الكشف عن الكمائن

- **التمويه العالي والمعقد :**يصعب تمييز الكمائن التي تستخدم تقنيات تمويه متطورة.
- **محدودية البيانات :**نقص البيانات التدريبية من بيئات ميدانية حقيقية.
- **الظروف البيئية المتغيرة :**مثل الضباب، الأمطار، أو الظلام التي تؤثر على جودة البيانات.

يعتبر الذكاء الاصطناعي أداة قوية للكشف عن الكمائن الخداعية بفضل قدرته على تحليل البيئات المعقدة والتعرف على أنماط غير واضحة. مع ذلك، يجب مواجهة التحديات التقنية والبيئية لتعزيز كفاءة هذه الأنظمة.

## 6-7 أدوات وأنظمة الذكاء الاصطناعي المستخدمة حالياً في كشف المتفجرات والكمائن

شهدت السنوات الأخيرة تطوير عدد كبير من الأدوات والأنظمة التي تعتمد على الذكاء الاصطناعي للكشف عن المتفجرات والكمائن، من الروبوتات المتنقلة إلى الطائرات بدون طيار. يهدف هذا الفصل إلى استعراض أبرز هذه الأنظمة واستخداماتها العملية في الميدان.

### 6-7-1 الروبوتات الذكية للكشف والتفتيش

- **روبوتات التفتيش الأرضية :**مزودة بكاميرات عالية الدقة وأجهزة استشعار كيميائية وحرارية، تستخدم لتحليل المواقع المشبوهة دون تعريض البشر للخطر.
- **الذكاء الاصطناعي في التوجيه :**أنظمة التعلم العميق تمكن الروبوتات من التعرف على المواد المتفجرة والتعامل مع العقبات المحيطة بها.

- **نماذج روبوتية متطورة :**مثل روبوتات Boston Dynamics وREMOTEC، التي تستخدم الذكاء الاصطناعي في التحرك المستقل والتعرف على المخاطر.

### 6-7-2 الطائرات بدون طيار (الدرون) والذكاء الاصطناعي

- **المسح الجوي :**تستخدم الدرونز المزودة بأجهزة استشعار متعددة (كاميرات حرارية، رادارات، كيميائية) لجمع بيانات عن المواقع المستهدفة.
- **التحليل الذكي :**تطبيق تقنيات التعلم العميق لتحليل الصور والفيديوهات الملتقطة من الجو، واكتشاف الكمائن والمتفجرات.
- **المراقبة المستمرة :**إمكانية التتبع في الوقت الحقيقي وتحديث قواعد البيانات بشكل مستمر.

### 6-7-3 منصات الكشف المحمولة بالذكاء الاصطناعي

- **أجهزة الكشف المحمولة :**صغيرة الحجم، تستخدم تقنيات الذكاء الاصطناعي لتحليل عينات الهواء، السطح، أو المواد المشبوهة في الميدان.
- **تطبيقات الهواتف الذكية :**توظيف تطبيقات مدمجة مع أجهزة استشعار للكشف السريع والدقيق، مع تحليل مباشر للبيانات باستخدام.AI
- **أنظمة التنبيه الذكية :**التي تعطي إنذارات فورية مع تقارير دقيقة عن نوع وكمية المواد المكتشفة.

### 6-7-4 أنظمة التكامل بين الأجهزة

- **الدمج بين الروبوتات، الدرونز، والأجهزة المحمولة :**لتوفير شبكة كشف متكاملة تغطي بيئات مختلفة.
- **أنظمة البيانات المركزية :**تستخدم الذكاء الاصطناعي لتحليل البيانات من مصادر متعددة واتخاذ قرارات أمنية مدعمة بالذكاء.

### 6-7-5 فوائد وأثر هذه الأدوات على العمليات الأمنية

- **زيادة سرعة الاستجابة والفعالية.**
- **خفض المخاطر على أفراد الأمن.**
- **توفير بيانات دقيقة ومفصلة.**
- **تمكين العمليات في بيئات خطرة ومعقدة.**

الأدوات والأنظمة الذكية الحالية تمثل قفزة نوعية في مجال كشف المتفجرات والكمائن، حيث تعتمد على دمج الذكاء الاصطناعي مع تقنيات استشعار متعددة لتوفير كشف متقدم، آمن، ودقيق.

## 6-8 التحديات والقيود في تطبيقات الذكاء الاصطناعي في كشف المتفجرات والكمائن

على الرغم من الفوائد الكبيرة التي تقدمها تقنيات الذكاء الاصطناعي في مجال كشف المتفجرات والكمائن، إلا أن هناك العديد من التحديات والقيود التي تواجه تطبيقاتها العملية، والتي يجب التعرف عليها لمعالجتها وتحسين الأداء المستقبلي.

### 6-8-1 تحديات تقنية

- **نقص البيانات التدريبية:**
  تعتمد أنظمة الذكاء الاصطناعي على كميات كبيرة من البيانات لتدريب النماذج، لكن البيانات الحقيقية المتعلقة بالمتفجرات والكمائن تكون محدودة أو يصعب الحصول عليها بسبب حساسية الموضوع.
- **تعدد وتنوع البيانات:**
  تتطلب الأنظمة التعامل مع بيانات من مصادر متعددة (صور، إشارات، بيانات كيميائية)، ما يزيد من تعقيد المعالجة والتكامل.
- **الحفاظ على الدقة في ظروف متغيرة:**
  مثل الإضاءة المنخفضة، الطقس السيء، والبيئات المتربة أو الرطبة التي تؤثر على جودة البيانات.

### 6-8-2 تحديات بيئية وميدانية

- **التمويه والاختباء المتقدم:**
  الكمائن والمتفجرات قد تستخدم تقنيات تمويه معقدة تجعل كشفها صعبًا حتى باستخدام الذكاء الاصطناعي.
- **التداخل مع المواد غير الضارة:**
  وجود مواد بيئية مشابهة للمتفجرات قد يسبب إنذارات كاذبة.
- **بيئات عمل خطرة:**
  مثل مناطق الحرب أو المناطق التي تحتوي على مواد كيميائية ضارة أو إشعاعية.

### 6-8-3 التحديات المتعلقة بالأمن والخصوصية

- **حماية البيانات:**
  ضرورة تأمين البيانات المستخدمة في التدريب والتحليل، خاصة إذا كانت تتضمن معلومات حساسة.

- **الاستخدام الخاطئ:**

مخاطر استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في أغراض غير قانونية أو هجومية.

### 6-8-4 القيود القانونية والتنظيمية

- **التشريعات الخاصة باستخدام التقنيات الذكية:**

قد تكون غير واضحة أو غير محدثة لتغطية تقنيات الذكاء الاصطناعي الحديثة.

- **المسؤولية القانونية:**

تحديد المسؤول عند وقوع أخطاء أو حوادث بسبب قرارات أنظمة الذكاء الاصطناعي.

### 6-8-5 مقترحات للتغلب على التحديات

- **تطوير قواعد بيانات موسعة وموثوقة:**

بالتعاون مع الجهات الأمنية والعسكرية.

- **تطوير نماذج AI مرنة وقابلة للتكيف:**

تتعامل مع تغيرات البيئة والظروف المختلفة.

- **تعزيز التعاون الدولي:**

لتبادل المعلومات والخبرات.

- **وضع أطر قانونية واضحة:**

لضبط استخدام الذكاء الاصطناعي بشكل آمن ومسؤول.

## 6-9 تطبيقات الذكاء الاصطناعي في كشف المتفجرات والكمائن

تواجه تحديات تقنية وبيئية وقانونية تتطلب استراتيجيات متكاملة للتغلب عليها وضمان الاستخدام الآمن والفعال لهذه التقنيات. المستقبل والاتجاهات الحديثة في تطبيقات الذكاء الاصطناعي للكشف عن المتفجرات والكمائنمع التقدم المستمر في تقنيات الذكاء الاصطناعي والتقنيات المرتبطة بها، يتوقع أن تشهد عمليات الكشف عن المتفجرات والكمائن تطورات نوعية تُعزز من كفاءة وفعالية الإجراءات الأمنية. يستعرض هذا الفصل أبرز الاتجاهات المستقبلية والتقنيات الناشئة في هذا المجال.

### 6-9-1 تقنيات الذكاء الاصطناعي المتقدمة

- **التعلم المعزز:(Reinforcement Learning)**

حيث تتعلم الأنظمة من خلال التفاعل مع البيئة لتحسين قراراتها في الكشف والتصرف تجاه المتفجرات والكمائن.

- **الذكاء الاصطناعي التفسيرية:(Explainable AI)**

تهدف إلى زيادة شفافية نماذج الذكاء الاصطناعي، بحيث يمكن للمستخدمين فهم أسباب قرارات الكشف، مما يعزز الثقة والاستخدام الآمن.

- **التعلم متعدد المهام:(Multi-task Learning)**

يمكن للنماذج التعامل مع مهام كشف متعددة في نفس الوقت، مثل الكشف عن المتفجرات وتمييز الكمائن.

### 6-9-2 التكامل مع تقنيات أخرى

- **إنترنت الأشياء:(IoT)**

دمج أجهزة الاستشعار الذكية مع الشبكات اللاسلكية لجمع وتحليل البيانات بشكل لحظي.

- **الحوسبة السحابية:**

لتخزين وتحليل البيانات الكبيرة من مصادر متعددة وتوفير قدرات حسابية عالية للنماذج الذكية.

- **الروبوتات التعاونية:**

استخدام فرق روبوتية تعمل بشكل منسق باستخدام الذكاء الاصطناعي لمهام الكشف والتفتيش.

### 6-9-3 تحسين قدرات الرؤية الحاسوبية

- تطوير نماذج أكثر دقة للكشف تحت ظروف بيئية صعبة مثل الضباب، الظلام، والتداخلات البيئية.
- استخدام كاميرات متطورة وأجهزة استشعار متقدمة (مثل كاميرات الأشعة تحت الحمراء متعددة الأطياف).

### 6-9-4 الذكاء الاصطناعي التنبؤي والوقائي

- أنظمة قادرة على التنبؤ بوقوع الكمائن أو هجمات المتفجرات بناءً على تحليل بيانات سلوكية وجغرافية معقدة.
- دمج الذكاء الاصطناعي مع قواعد البيانات الجنائية والتاريخية لتحسين استراتيجيات الوقاية.

### 6-9-5 الاعتبارات الأخلاقية والقانونية المستقبلية

- ❖ تطوير معايير دولية لاستخدام الذكاء الاصطناعي في الأمن.
- ❖ ضمان احترام الخصوصية وحقوق الإنسان في تطبيقات الذكاء الاصطناعي.

المستقبل يحمل إمكانيات هائلة لتطوير تقنيات الكشف باستخدام الذكاء الاصطناعي، مع تركيز على التكامل التكنولوجي، تحسين دقة الأنظمة، وتعزيز الأمان والشفافي شهد الفصل استعراضًا شاملاً لتطبيقات الذكاء الاصطناعي في مجال كشف المواد المتفجرة والكمائن الخداعية، من حيث المفاهيم الأساسية، والتقنيات الحديثة، والأنظمة العملية، بالإضافة إلى التحديات الحالية والاتجاهات المستقبلية.

أثبت الذكاء الاصطناعي قدرته على تعزيز فعالية وكفاءة الكشف، وتقليل الأخطاء البشرية، وتحسين مستوى السلامة، لكنه في الوقت نفسه يواجه تحديات تقنية وبيئية وقانونية تحتاج إلى حلول مبتكرة وتعاون متعدد التخصصات. المستقبل يبشر بتطورات نوعية مدعومة بالتقنيات المتقدمة مثل التعلم المعزز والذكاء الاصطناعي التفسيري، مما سيجعل الأنظمة أكثر ذكاءً وموثوقية في مواجهة التهديدات الأمنية المعقدة.

# الفصـــل السابـــــع

# الأساسيات التقنية للذكاء الاصطناعي في الادلـــة الجـــنائية

## 7-1 مقدمة في الذكاء الاصطناعي

الذكاء الاصطناعي (Artificial Intelligence - AI) هو فرع من علوم الحاسوب يهدف إلى تصميم أنظمة تستطيع محاكاة القدرات الذهنيةالبشرية مثل التعلم، الاستنتاج، واتخاذ القرارات. ظهر الذكاء الاصطناعي كرد فعل لحاجة الإنسان إلى أتمتة العمليات المعقدة التي تتطلب ذكاءً بشريًا، ليتم تطبيقه في مجالات متعددة، منها الأمن وكشف المواد المتفجرة.

**7 -2 التعلم الآلي والتعلم العميق**

التعلم الآلي(Machine Learning - ML)

التعلم الآلي هو تقنية فرعية من الذكاء الاصطناعي تعتمد على تطوير خوارزميات تسمح للأنظمة بتحليل البيانات، التعلم منها، واتخاذ القرارات أو التنبؤات دون أن تكون مبرمجة بشكل صريح لكل حالة.

❖ **أنواع التعلم الآلي:**

- ✧ **التعلم الموجه** :*(Supervised Learning)* حيث يتعلم النموذج من بيانات موسومة، مثل تصنيف صور تحتوي على متفجرات أو لا.
- ✧ **التعلم غير الموجه** :*(Unsupervised Learning)* لتحليل البيانات غير الموسومة، مثل اكتشاف أنماط غير معروفة في البيانات.
- ✧ **التعلم التعزيزي** :*(Reinforcement Learning)* تعلم اتخاذ إجراءات عبر التجربة والخطأ، مستخدم في الروبوتات.

❖ **التعلم العميق(Deep Learning)**

فرع متقدم من التعلم الآلي يستخدم الشبكات العصبية الاصطناعية متعددة الطبقات .(Deep Neural Networks) يبرع التعلم العميق في معالجة البيانات المعقدة مثل الصور، الفيديو، والصوت، ويستخدم فـي:

- ✧ التعرف على الصور (مثلاً، اكتشاف متفجرات في صور الأشعة أو الفيديوهات الميدانية).
- ✧ تحليل أنماط الصوت والاهتزازات الناتجة عن الكمائن.

### 7-3 شبكات الأعصاب الاصطناعية

شبكات الأعصاب الاصطناعية (Artificial Neural Networks - ANN) هي نماذج حاسوبية مستوحاة من بنية ووظيفة الخلايا العصبية في الدماغ البشري، تتألف من:

- **المدخلات** :تمثل البيانات الأولية (كالصور أو الإشارات).
- **الوحدات العصبية :(Neurons)** تعالج المدخلات من خلال أوزان وتحويلات رياضية.
- **الطبقات** :تنظم الوحدات العصبية في طبقات (مدخلات، مخفية، ومخرجات).
- **المخرجات** :نتائج المعالجة مثل تصنيف وجود متفجر أو كمين.

## 7-4 الشبكات القابلة للتدريب باستخدام بيانات ضخمة، لتحسين دقة التعرف على الأنماط المعقدة.

### 7-4-1 تقنيات معالجة الصور

تلعب معالجة الصور دورًا جوهريًا في اكتشاف المتفجرات والكمائن، خاصة من خلال:

- **التعرف على الأشكال والأنماط** :تحديد مكونات متفجرة أو مريبة في صور الأشعة أو الكاميرات الحرارية.
- **تحسين جودة الصور** :إزالة الضوضاء وتحسين التباين لاستخلاص تفاصيل مهمة.
- **التمييز بين الخلفية والهدف** :باستخدام خوارزميات الت segmentations لتحديد أماكن العبوات أو الكمائن.
- **استخدام التعلم العميق في الرؤية الحاسوبية** :مثل الشبكات العصبية الالتفافية (CNN) التي تحلل الصور بكفاءة عالية.

### 7-5 تقنيات معالجة الإشارات

تستخدم هذه التقنيات لتحليل الإشارات التي تأتي من أجهزة استشعار متعددة مثل:

- **المستشعرات الكيميائية** :تلتقط تفاعلات كيميائية لمواد متفجرة.
- **المستشعرات الصوتية والاهتزازية** :تلتقط الاهتزازات غير العادية الناتجة عن تشغيل الكمائن.
- **الموجات الكهرومغناطيسية والرادار** :للكشف عن الأجسام المخفية.

باستخدام الذكاء الاصطناعي، يمكن تحليل هذه الإشارات بدقة، كشف الأنماط المشبوهة، وتقليل معدل الإنذارات الكاذبة. تأسيسًا على فهم تقنيات الذكاء الاصطناعي، والتعلم الآلي، والشبكات العصبية، بالإضافة إلى تقنيات معالجة الصور

والإشارات، يمكننا تطوير أنظمة ذكية قادرة على كشف المتفجرات والكمائن بفعالية عالية مقارنة بالطرق التقليدية. هذه الأساسيات تمثل العمود الفقري للبحوث والتطبيقات التي سنناقشها في الفصول القادمة.

## 7-6 تقنيات الكشف التقليدية للمتفجرات والكمائن

رغم التطور السريع في مجال الذكاء الاصطناعي، لا يزال الكشف التقليدي للمتفجرات والكمائن يشكل الأساس في عمليات الأمن ومكافحة الإرهاب. يتناول هذا الفصل أهم الأجهزة والطرق المستخدمة تقليديًا، مع شرح حدودها وقيودها التي دفعت إلى تبني تقنيات الذكاء الاصطناعي.

## 7-7 أجهزة الكشف الكيميائي والفيزيائي

### 7-7-1 أجهزة الكشف الكيميائي

- **الكواشف اللونية :(Colorimetric Detectors)** تستخدم مواد كيميائية تتغير ألوانها عند ملامسة آثار المتفجرات.
- **أجهزة الكشف بالأشعة تحت الحمراء :(IR Spectroscopy)** تحدد تركيبات المواد الكيميائية بناءً على امتصاصها لأشعة.IR
- **الكواشف الإلكترونية :(Electronic Noses)** أجهزة تحتوي على مصفوفات من المجسات التي تكشف بخار المتفجرات.

### 7-7-2 أجهزة الكشف الفيزيائي

- **أجهزة الكشف بالموجات فوق الصوتية والرادار :**تحدد وجود أجسام معدنية أو غير معدنية مخفية تحت الأرض أو داخل السيارات.
- **أجهزة الكشف بالأشعة السينية :(X-Ray Scanners)** تستخدم في تفتيش الحقائب والبضائع للكشف عن المواد المشبوهة.
- **أجهزة الكشف بالأشعة النووية :(Neutron Activation Analysis)** تستخدم لتحديد المواد من خلال التفاعل النووي.

### 7-7-3 طرق الكشف اليدوي والآلي

- **التفتيش اليدوي :**يعتمد على الكلاب البوليسية المدربة وكشف المخلفات المادية للمتفجرات.
- **الروبوتات التفتيشية :**مزودة بكاميرات وأجهزة استشعار، تعمل في بيئات خطرة بعيدًا عن الإنسان.

- **أنظمة التفتيش الآلي :**تستخدم أجهزة متقدمة مثل ماسحات الأشعة السينية مع أنظمة تحليل بيانات محدودة.

### 7-7-4 حدود وعيوب الطرق التقليدية

- **حساسية محدودة :**قد تفشل في اكتشاف كميات صغيرة أو متفجرات مركبة.
- **ارتفاع معدلات الإنذارات الكاذبة :**بسبب تداخل المواد الكيميائية أو العوامل البيئية.
- **عدم القدرة على التمييز الدقيق :**بين مواد متفجرة شرعية وغير شرعية.
- **تعقيد بيئات الكمائن :**تجعل من الصعب الاعتماد فقط على الطرق التقليدية للكشف.
- **المخاطر على العنصر البشري :**في عمليات التفتيش اليدوي والمباشر.

الكشف التقليدي للمتفجرات والكمائن مهم وضروري، لكنه يواجه العديد من التحديات التي أدت إلى الحاجة إلى استحداث تقنيات أكثر ذكاءً وفعالية، خصوصًا تلك المبنية على الذكاء الاصطناعي التي سنتناولها في الفصول القادمة.

## 7-4 تطبيقات الذكاء الاصطناعي في اكتشاف المتفجرات

أدى التطور السريع في تقنيات الذكاء الاصطناعي (AI) والتعلم الآلي (ML) إلى تحسين كبير في قدرات الكشف عن المواد المتفجرة. تستند هذه التقنيات إلى تحليل كميات ضخمة من البيانات، واستخلاص أنماط دقيقة تساعد في الكشف المبكر وتقليل الأخطاء البشرية.

### 7-4-1 تحليل طيف المواد المتفجرة باستخدام التعلم الآلي

تستخدم تقنيات ML لتحليل الطيف الكيميائي للمتفجرات، حيث يتم تدريب نماذج على بيانات طيفية من متفجرات معروفة، ما يسمح بالتعرف الدقيق على المركبات الكيميائية حتى في كميات صغيرة جدًا. بعض الأساليب تشمل:

- **تحليل طيف الكتلة (Mass Spectrometry) بالاقتران مع ML:** تصنيف المركبات بناءً على البصمات الطيفية.
- **التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء مع التعلم العميق :**للتعرف على تركيبات كيميائية دقيقة.

هذه الأساليب تزيد من سرعة ودقة الكشف، خاصة في البيئات المعقدة.

## 7-5 التعرف على أنماط المواد المتفجرة في الصور والأشعة

باستخدام تقنيات الرؤية الحاسوبية، يمكن للذكاء الاصطناعي تحليل صور الأشعة السينية والفحوصات الحرارية لتحديد وجود مواد متفجرة داخل الحقائب أو السيارات. الشبكات العصبية الالتفافية (CNN) تلعب دورًا رئيسيًا في:

- ❖ تصنيف الصور إلى "مادة متفجرة" أو "غير متفجرة."
- ❖ الكشف عن أشكال وأنماط العبوات الناسفة المخفية.
- ❖ التمييز بين مواد متفجرة شرعية وغير مشبوهة.

## 7-6 كشف المتفجرات عبر البيانات السلوكية والمخابر

يمكن للأنظمة الذكية تحليل البيانات السلوكية مثل حركة الأشخاص، أنماط المرور، أو الاتصالات المشبوهة لاقتفاء أثر التخطيط لوضع متفجرات. بالإضافة إلى ذلك، تستخدم AI في تحليل نتائج المختبرات الجنائية:

- ❖ التحقق من تطابق المواد المتفجرة مع قواعد بيانات معروفة.
- ❖ التنبؤ بمصدر المواد بناءً على بصمات كيميائية متقدمة.

## 7-7 أنظمة ذكاء اصطناعي مدمجة للكشف

هناك أنظمة متقدمة تجمع بين عدة تقنيات مثل معالجة الصور، التحليل الكيميائي، والاستشعار عن بعد، مما يتيح كشفًا شاملًا:

- ❖ **أنظمة الكشف المحمولة :**تستخدم في الميدان من قبل قوات الأمن.
- ❖ **الروبوتات الذكية :**تفحص المواقع الخطرة وتتعامل مع المتفجرات بكفاءة عالية.

## 7-8 فوائد استخدام الذكاء الاصطناعي في اكتشاف المتفجرات

- ❖ زيادة الدقة وتقليل الأخطاء البشرية.
- ❖ الكشف في الوقت الحقيقي.
- ❖ القدرة على التعامل مع بيانات معقدة ومتنوعة.
- ❖ تحسين السلامة البشرية.

تمثل تقنيات الذكاء الاصطناعي ثورة في مجال كشف المتفجرات، حيث توفر أدوات أكثر ذكاءً ودقة مقارنة بالطرق التقليدية، مع إمكانيات كبيرة للتطوير المستقبلي.

## 7-9 الذكاء الاصطناعي في الكشف عن الكمائن الخداعية

الكمائن الخداعية تشكل تهديدًا كبيرًا للأمن، فهي تُستخدم لإيقاع الأفراد أو القوات في مواقف خطرة. الكشف الفعال عن هذه الكمائن يتطلب تقنيات متقدمة قادرة على تحليل البيئة المحيطة واكتشاف العلامات الخفية التي تدل على وجود كمين. هنا يأتي دور الذكاء الاصطناعي (AI) في تحسين قدرات الكشف والتنبؤ.

### 7-9-1 تحليل البيئة والتمويه باستخدام الذكاء الاصطناعي

تتمثل الخطوة الأولى في استخدام AI في تحليل البيئة المحيطة لاكتشاف التغييرات الدقيقة أو الأنماط غير الطبيعية التي قد تشير إلى وجود كمين:

- **المقارنة الزمنية للصور :**باستخدام تقنيات التعلم العميق لتحليل صور التقطت في أوقات مختلفة واكتشاف تغييرات قد تدل على كمائن مخفية.
- **استخدام مستشعرات متعددة :**دمج البيانات من كاميرات حرارية، رادارات، وأجهزة استشعار أخرى، لتحليل البيئة من عدة زوايا.
- **التعرف على التمويه :**خوارزميات الذكاء الاصطناعي تتعلم كيف تميز التمويه عن البيئة الطبيعية، مثل اكتشاف غطاء الخشب أو الأغطية البلاستيكية التي تخفي كمينًا.

### 7-9-2 التعرف على الكمائن بواسطة الرؤية الحاسوبية

الرؤية الحاسوبية (Computer Vision) تستخدم لتحليل الصور والفيديوهات الميدانية لاكتشاف المؤشرات البصرية للكمائن:

- **الكشف التلقائي للأشكال غير الطبيعية :**مثل الأسلاك، الحبال، أو العبوات غير المعتادة.
- **استخدام الشبكات العصبية الالتفافية :(CNN)** لتصنيف مناطق الصورة وتحليلها بدقة للكشف عن علامات الكمائن.
- **التعرف على الأنماط المتكررة :**التي تشير إلى أماكن إقامة الكمائن بناءً على البيانات التاريخية.

## 7-10 تحليل بيانات أجهزة الاستشعار المتقدمة

الكمائن غالبًا ما تكون مجهزة بأجهزة استشعار مثل:

- **أجهزة الكشف عن الحركة والاهتزاز :**تلتقط تحركات مريبة أو اهتزازات صغيرة.
- **أجهزة الكشف عن المواد الكيميائية :**لتحديد وجود متفجرات أو مواد مشبوهة.
- **الرادارات المحمولة :**لتحليل التضاريس وكشف الأجسام المخفية.

يتم دمج هذه البيانات وتحليلها باستخدام خوارزميات الذكاء الاصطناعي لتوفير تنبيهات فورية ودقيقة.

## 7-11 أنظمة الذكاء الاصطناعي في الكشف المبكر والتنبؤ

- **أنظمة التنبؤ المبنيّة على البيانات التاريخية :**تستخدم بيانات سابقة حول الك**التمويه العالي والمعقد :**يصعب تمييز الكمائن التي تستخدم تقنيات تمويه متطورة.
- **محدودية البيانات :**نقص البيانات التدريبية من بيئات ميدانية حقيقية.

- **الظروف البيئية المتغيرة :**مثل الضباب، الأمطار، أو الظلام التي تؤثر على جودة البياناتمائن لتوقع أماكن جديدة محتملة.
- **الذكاء الاصطناعي التعاوني :**حيث تعمل عدة أنظمة أو أجهزة معًا لتبادل البيانات وتحليلها بشكل جماعي لتحسين دقة الكشف.

### 7-11-1 تحديات استخدام الذكاء الاصطناعي في الكشف عن الكمائن

يعتبر الذكاء الاصطناعي أداة قوية للكشف عن الكمائن الخداعية بفضل قدرته على تحليل البيئات المعقدة والتعرف على أنماط غير واضحة. مع ذلك، يجب مواجهة التحديات التقنية والبيئية لتعزيز كفاءة هذه الأنظمة.

### 7-11-2 أدوات وأنظمة الذكاء الاصطناعي المستخدمة حالياً في كشف المتفجرات والكمائن

شهدت السنوات الأخيرة تطوير عدد كبير من الأدوات والأنظمة التي تعتمد على الذكاء الاصطناعي للكشف عن المتفجرات والكمائن، من الروبوتات المتنقلة إلى الطائرات بدون طيار. يهدف هذا الفصل إلى استعراض أبرز هذه الأنظمة واستخداماتها العملية في الميدان.

## 7-12 الروبوتات الذكية للكشف والتفتيش

- **روبوتات التفتيش الأرضية :**مزودة بكاميرات عالية الدقة وأجهزة استشعار كيميائية وحرارية، تستخدم لتحليل المواقع المشبوهة دون تعريض البشر للخطر.
- **الذكاء الاصطناعي في التوجيه :**أنظمة التعلم العميق تمكن الروبوتات من التعرف على المواد المتفجرة والتعامل مع العقبات المحيطة بها.
- **نماذج روبوتية متطورة :**مثل روبوتات Boston Dynamics وREMOTEC، التي تستخدم الذكاء الاصطناعي في التحرك المستقل والتعرف على المخاطر.

## 7-13 الطائرات بدون طيار (الدرون) والذكاء الاصطناعي

- **المسح الجوي :**تستخدم الدرونز المزودة بأجهزة استشعار متعددة (كاميرات حرارية، رادارات، كيميائية) لجمع بيانات عن المواقع المستهدفة.
- **التحليل الذكي :**تطبيق تقنيات التعلم العميق لتحليل الصور والفيديوهات الملتقطة من الجو، واكتشاف الكمائن والمتفجرات.
- **المراقبة المستمرة :**إمكانية التتبع في الوقت الحقيقي وتحديث قواعد البيانات بشكل مستمر.

## 7-14 منصات الكشف المحمولة بالذكاء الاصطناعي

- **أجهزة الكشف المحمولة :**صغيرة الحجم، تستخدم تقنيات الذكاء الاصطناعي لتحليل عينات الهواء، السطح، أو المواد المشبوهة في الميدان.
- **تطبيقات الهواتف الذكية :**توظيف تطبيقات مدمجة مع أجهزة استشعار للكشف السريع والدقيق، مع تحليل مباشر للبيانات باستخدام.AI
- **أنظمة التنبيه الذكية :**التي تعطي إنذارات فورية مع تقارير دقيقة عن نوع وكمية المواد المكتشفة.

## 7-15 أنظمة التكامل بين الأجهزة

- **الدمج بين الروبوتات، الدرونز، والأجهزة المحمولة :**لتوفير شبكة كشف متكاملة تغطي بيئات مختلفة.
- **أنظمة البيانات المركزية :**تستخدم الذكاء الاصطناعي لتحليل البيانات من مصادر متعددة واتخاذ قرارات أمنية مدعمة بالذكاء.

## 7-16 فوائد وأثر هذه الأدوات على العمليات الأمنية

- ❖ زيادة سرعة الاستجابة والفعالية.
- ❖ خفض المخاطر على أفراد الأمن.
- ❖ توفير بيانات دقيقة ومفصلة.
- ❖ تمكين العمليات في بيئات خطرة ومعقدة.

الأدوات والأنظمة الذكية الحالية تمثل قفزة نوعية في مجال كشف المتفجرات والكمائن، حيث تعتمد على دمج الذكاء الاصطناعي مع تقنيات استشعار متعددة لتوفير كشف متقدم، آمن، ودقيق.

## 7-17 التحديات والقيود في تطبيقات الذكاء الاصطناعي في كشف المتفجرات والكمائن

على الرغم من الفوائد الكبيرة التي تقدمها تقنيات الذكاء الاصطناعي في مجال كشف المتفجرات والكمائن، إلا أن هناك العديد من التحديات والقيود التي تواجه تطبيقاتها العملية، والتي يجب التعرف عليها لمعالجتها وتحسين الأداء المستقبلي.

### 7-17-1 تحديات تقنية

- ❖ **نقص البيانات التدريبية:**

  تعتمد أنظمة الذكاء الاصطناعي على كميات كبيرة من البيانات لتدريب النماذج، لكن البيانات الحقيقية المتعلقة بالمتفجرات والكمائن تكون محدودة أو يصعب الحصول عليها بسبب حساسية الموضوع.
- ❖ **تعدد وتنوع البيانات:**

  تتطلب الأنظمة التعامل مع بيانات من مصادر متعددة (صور، إشارات، بيانات كيميائية)، ما يزيد من تعقيد المعالجة والتكامل.
- ❖ **الحفاظ على الدقة في ظروف متغيرة:**

  مثل الإضاءة المنخفضة، الطقس السيء، والبيئات المتربة أو الرطبة التي تؤثر على جودة البيانات.

### 7-17-2 تحديات بيئية وميدانية

- ❖ **التمويه والاختباء المتقدم:**

  الكمائن والمتفجرات قد تستخدم تقنيات تمويه معقدة تجعل كشفها صعبًا حتى باستخدام الذكاء الاصطناعي.

- **التداخل مع المواد غير الضارة:**

وجود مواد بيئية مشابهة للمتفجرات قد يسبب إنذارات كاذبة.

- **بيئات عمل خطرة:**

مثل مناطق الحرب أو المناطق التي تحتوي على مواد كيميائية ضارة أو إشعاعية.

## 7-18 التحديات المتعلقة بالأمن والخصوصية

- **حماية البيانات:**

ضرورة تأمين البيانات المستخدمة في التدريب والتحليل، خاصة إذا كانت تتضمن معلومات حساسة.

- **الاستخدام الخاطئ:**

مخاطر استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في أغراض غير قانونية أو هجومية.

## 7-19 القيود القانونية والتنظيمية

- **التشريعات الخاصة باستخدام التقنيات الذكية:**

قد تكون غير واضحة أو غير محدثة لتغطية تقنيات الذكاء الاصطناعي الحديثة.

- **المسؤولية القانونية:**

تحديد المسؤول عند وقوع أخطاء أو حوادث بسبب قرارات أنظمة الذكاء الاصطناعي.

## 7-20 مقترحات للتغلب على التحديات

- **تطوير قواعد بيانات موسعة وموثوقة:**

بالتعاون مع الجهات الأمنية والعسكرية.

- **تطوير نماذج AI مرنة وقابلة للتكيف:**

تتعامل مع تغيرات البيئة والظروف المختلفة.

- **تعزيز التعاون الدولي:**

لتبادل المعلومات والخبرات.

- **وضع أطر قانونية واضحة:**

لضبط استخدام الذكاء الاصطناعي بشكل آمن ومسؤول.

ان تطبيقات الذكاء الاصطناعي في كشف المتفجرات والكمائن تواجه تحديات تقنية وبيئية وقانونية تتطلب استراتيجيات متكاملة للتغلب عليها وضمان الاستخدام الآمن والفعال لهذه التقنيات.

## 7-21 المستقبل والاتجاهات الحديثة في تطبيقات الذكاء الاصطناعي للكشف عن المتفجرات والكمائن

مع التقدم المستمر في تقنيات الذكاء الاصطناعي والتقنيات المرتبطة بها، يتوقع أن تشهد عمليات الكشف عن المتفجرات والكمائن تطورات نوعية تُعزز من كفاءة وفعالية الإجراءات الأمنية. يستعرض هذا الفصل أبرز الاتجاهات المستقبلية والتقنيات الناشئة في هذا المجال.

### 7-21-1 تقنيات الذكاء الاصطناعي المتقدمة

- **التعلم المعزز:(Reinforcement Learning)**
  حيث تتعلم الأنظمة من خلال التفاعل مع البيئة لتحسين قراراتها في الكشف والتصرف تجاه المتفجرات والكمائن.
- **الذكاء الاصطناعي التفسيرية:(Explainable AI)**
  تهدف إلى زيادة شفافية نماذج الذكاء الاصطناعي، بحيث يمكن للمستخدمين فهم أسباب قرارات الكشف، مما يعزز الثقة والاستخدام الآمن.
- **التعلم متعدد المهام:(Multi-task Learning)**
  يمكن للنماذج التعامل مع مهام كشف متعددة في نفس الوقت، مثل الكشف عن المتفجرات وتمييز الكمائن.

التكامل مع تقنيات أخرى

- **إنترنت الأشياء:(IoT)**
  دمج أجهزة الاستشعار الذكية مع الشبكات اللاسلكية لجمع وتحليل البيانات بشكل لحظي.
- **الحوسبة السحابية:**
  لتخزين وتحليل البيانات الكبيرة من مصادر متعددة وتوفير قدرات حسابية عالية للنماذج الذكية.
- **الروبوتات التعاونية:**
  استخدام فرق روبوتية تعمل بشكل منسق باستخدام الذكاء الاصطناعي لمهام الكشف والتفتيش.

## 7-22 تحسين قدرات الرؤية الحاسوبية

- تطوير نماذج أكثر دقة للكشف تحت ظروف بيئية صعبة مثل الضباب، الظلام، والتداخلات البيئية.

- ❖ استخدام كاميرات متطورة وأجهزة استشعار متقدمة (مثل كاميرات الأشعة تحت الحمراء متعددة الأطياف).

## 7-23 الذكاء الاصطناعي التنبؤي والوقائي

- ❖ أنظمة قادرة على التنبؤ بوقوع الكمائن أو هجمات المتفجرات بناءً على تحليل بيانات سلوكية وجغرافية معقدة.
- ❖ دمج الذكاء الاصطناعي مع قواعد البيانات الجنائية والتاريخية لتحسين استراتيجيات الوقاية.

## 7-24 الاعتبارات الأخلاقية والقانونية المستقبلية

- ❖ تطوير معايير دولية لاستخدام الذكاء الاصطناعي في الأمن.
- ❖ ضمان احترام الخصوصية وحقوق الإنسان في تطبيقات الذكاء الاصطناعي.

المستقبل يحمل إمكانيات هائلة لتطوير تقنيات الكشف باستخدام الذكاء الاصطناعي، مع تركيز على التكامل التكنولوجي، تحسين دقة الأنظمة، وتعزيز الأمان والشفافية. كما شهد االكتاب استعراضًا شاملاً لتطبيقات الذكاء الاصطناعي في مجال كشف المواد المتفجرة والكمائن الخداعية، من حيث المفاهيم الأساسية، والتقنيات الحديثة، والأنظمة العملية، بالإضافة إلى التحديات الحالية والاتجاهات المستقبلية.

أثبت الذكاء الاصطناعي قدرته على تعزيز فعالية وكفاءة الكشف، وتقليل الأخطاء البشرية، وتحسين مستوى السلامة، لكنه في الوقت نفسه يواجه تحديات تقنية وبيئية وقانونية تحتاج إلى حلول مبتكرة وتعاون متعدد التخصصات. و المستقبل يبشر بتطورات نوعية مدعومة بالتقنيات المتقدمة مثل التعلم المعزز والذكاء الاصطناعي التفسيري، مما سيجعل الأنظمة أكثر ذكاءً وموثوقية في مواجهة التهديدات الأمنية المعقدة.

## 7-25 تحديات بيئية وميدانية

- ❖ التمويه والاختباء المتقدم: الكمائن والمتفجرات تكون مموهة بشكل دقيق باستخدام تقنيات حديثة، مما يصعب اكتشافها حتى بواسطة أنظمة الذكاء الاصطناعي.
- ❖ ظروف الطقس والتضاريس الصعبة: تؤثر بشكل مباشر على جودة البيانات الملتقطة وأداء المستشعرات.
- ❖ التعامل مع المواقف الطارئة وغير المتوقعة: حيث تتطلب استجابات سريعة ودقيقة في بيئات غير مستقرة.

## 7-26 التحديات القانونية والأخلاقية

- ❖ مسائل الخصوصية: استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي قد ينطوي على جمع بيانات شخصية أو حساسة.

- المساءلة القانونية: كيفية تحديد المسؤولية في حال أخطاء الكشف أو التعرض للأفراد.
- التحيز وعدم الشفافية: بعض نماذج الذكاء الاصطناعي قد تكون غير شفافة مما يثير قلق المستخدمين.

## 7-27 التحديات البشرية والتنظيمية

- الحاجة لتدريب وتأهيل العاملين على استخدام الأنظمة الذكية.
- مقاومة التغيير والتكيف مع التكنولوجيا الحديثة.
- التكامل بين مختلف الجهات الأمنية والتقنية.

## 7-28 توصيات للتغلب على التحديات

- تحسين جودة وتنوع البيانات التدريبية.
- تطوير نماذج أكثر شفافية وتفسيرًا.
- تعزيز التعاون الدولي لتبادل الخبرات والبيانات.
- وضع أطر قانونية وأخلاقية واضحة.

تواجه تطبيقات الذكاء الاصطناعي في كشف المتفجرات والكمائن تحديات متعددة تتعلق بالتقنية، البيئة، القانون، والبشر. التغلب على هذه التحديات هو المفتاح لتحقيق الاستفادة القصوى من هذه التكنولوجيا الحيوية.

# الـــــفصل الثامـــــــــن

# أدوات وتقنيات  الذكاء الاصطناعي في التحليل الكيميائي الجنائي

## 1- 8 أدوات وتقنيات التحليل الكيميا الجنائي وتحليل البقايا الكيميائية في مسارح الجريمة

يعتمد الكيميائي الجنائي على مجموعة متقدمة من الأدوات والتقنيات المخبرية لتحليل العينات والأدلة. اختيار الأداة المناسبة يتوقف على نوع العينة وطبيعة التحليل المطلوب، سواء كان نوعيًا، كميًا، أو مقارنًا. في هذا الفصل، نستعرض أهم التقنيات المستخدمة في المختبرات الجنائية، ومجالات تطبيقها في تحليل الأدلة.

## 8-2 الكروماتوغرافيا(Chromatography)

الكروماتوغرافيا تقنية تحليلية تُستخدم لفصل مكونات العينة بناءً على اختلاف سرعتها عبر وسط معين. لها أنواع متعددة، من أبرزها:

❖ **الكروماتوغرافيا الغازية(GC)**

✧ تُستخدم لفصل وتحليل المركبات العضوية المتطايرة.
✧ مثالية لتحليل المخدرات، الكحول، بقايا المتفجرات، والمذيبات.

❖ **الكروماتوغرافيا السائلة عالية الأداء(HPLC)**

✧ تُستخدم لتحليل المركبات غير المتطايرة أو المعقدة.
✧ فعالة في تحليل المواد الصيدلانية، السموم، والمركبات الحيوية.

❖ **كروماتوغرافيا الطبقة الرقيقة(TLC)**

✧ تقنية بسيطة وسريعة للفصل الأولي.
✧ تُستخدم في الكشف الأولي عن المخدرات أو السموم في العينات.

## 8-3 التحليل الطيفي(Spectroscopy)

يستخدم التحليل الطيفي تفاعلات الضوء مع المادة للكشف عن تركيبتها الكيميائية. يشمل:

❖ **التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء(FTIR)**

✧ يُستخدم لتحديد المجموعات الوظيفية في المركبات العضوية.
✧ يُفيد في تحليل الألياف، الطلاء، والبلاستيك.

❖ **التحليل الطيفي فوق البنفسجي/المرئي(UV-Vis)**

✧ مفيد لتحديد تركيز المركبات التي تمتص الضوء في هذا الطيف.
✧ يُستخدم في تحليل الدم والمستخلصات الكيميائية.

❖ **التحليل الطيفي الكتلي(MS)**

✧ يُستخدم لتحديد الكتلة الجزيئية وتركيب المركب.
✧ غالبًا ما يُدمج مع GC أو HPLC لزيادة الدقة.

❖ **التحليل الطيفي بالأشعة السينية(XRF)**

✧ يُستخدم لتحليل العناصر الثقيلة والمواد غير العضوية مثل المعادن.

## 8-4 التحليل الكهربائي(Electrochemical Analysis)

❖ يشمل تقنيات مثل قياس الجهد الكهربائي (Potentiometry) والتي تُستخدم لقياس درجة الحموضة أو تركيز الأيونات.
❖ يُستخدم في تحليل السموم أو السوائل الحيوية.

## 8-3 المجهرية الجنائية(Forensic Microscopy)

❖ تُستخدم المجاهر في فحص الألياف، الشعر، المواد الكريستالية، الطلاء، والأدوية.
❖ **المجهر الإلكتروني الماسح (SEM)** يُستخدم لفحص أسطح العينات الدقيقة بدقة عالية.

## 8-5 التحليل الكيميائي الرطب(Wet Chemistry)

❖ يشمل اختبارات كيميائية يدوية مثل اختبارات الكشف عن الدم (مثل كاستلو-ماير) أو اختبارات اللهب للكشف عن المعادن.
❖ يُستخدم في الفحص الميداني السريع أو التأكيد المخبري البسيط.

## 8-6 التقنيات الحديثة المدعومة بالذكاء الاصطناعي

- أنظمة التحليل الآلي التي تستخدم التعلم الآلي والتصنيف الذكي للأنماط الكيميائية.
- تستخدم خوارزميات لتحديد البصمات الكيميائية أو ربط العينات السابقة بالجديدة.

## 8-7 اعتبارات الجودة والسلامة في استخدام الأدوات

- يجب معايرة الأجهزة بانتظام لضمان دقة النتائج.
- يجب ارتداء معدات الحماية الشخصية عند التعامل مع المواد الخطرة.
- تخزين العينات بطريقة تمنع تلوثها أو تحللها الكيميائي.

توفر أدوات وتقنيات التحليل الكيميائي الجنائي إمكانيات هائلة لفهم الأدلة وتقديم معلومات دقيقة تُسهم في كشف الجريمة. ومع تطور العلم والتكنولوجيا، بات من الممكن الوصول إلى نتائج تفصيلية كانت مستحيلة في الماضي، مما يعزز مصداقية التحقيقات الجنائية.

# الــفصل التا ســع

# الـــتحليل الكيمـــيائي

## 9-1 التحليل الكيميائي للسوائل البيولوجية (الدم، البول، اللعاب)

تُعد السوائل البيولوجية من أهم مصادر الأدلة في مسرح الجريمة، كونها تحمل بصمات كيميائية وجينية تشير إلى هوية الجاني أو الضحية، أو تكشف عن حالة فسيولوجية أو تأثيرات دوائية وسمّية. يتطلب تحليل هذه السوائل تقنيات دقيقة لتحديد المكونات الكيميائية ذات الأهمية الجنائية.

### 9-1-1 الدم: التركيب وأهميته الجنائية

❖ **التحليل الكيميائي للدم**

يُستخدم للكشف عن وجود:

- ✧ **الكحول** :بقياس تركيز الإيثانول.
- ✧ **المخدرات** :مثل الكوكايين، الهيروين، أو الأمفيتامين.
- ✧ **الأدوية السامة** :مثل المهدئات أو مضادات الاكتئاب.
- ✧ **العناصر الأيضية** :مثل الجلوكوز، الكرياتينين، ومستوى الحموضة.

❖ **طرق التحليل**

- ✧ **التحليل الطيفي :(UV/Vis)** لقياس الألوان المرتبطة بتفاعلات معينة مثل اختبار كاستلو-ماير للدم.
- ✧ **HPLCو :GC-MS** لتحديد المخدرات والسموم.
- ✧ **التحليل الكهربائي** :لقياس الإلكتروليتات.

❖ **أهمية الأدلة الدموية**

- ✧ تحديد زمن الوفاة عبر تحليل تحلل الدم.
- ✧ الكشف عن تناول مواد قبل الوفاة.
- ✧ التعرف على هوية الشخص من خلال الحمض النووي (DNA) الموجود في خلايا الدم البيضاء.

### 9-1-2 البول: وسيلة فعالة لتحليل السموم

❖ **لماذا يُستخدم البول؟**

- ✧ سهولة الحصول عليه دون تدخل جراحي.
- ✧ يحتوي على مستقلبات مواد دخلت الجسم.

❖ **ما يتم تحليله**

- ✧ نواتج استقلاب الأدوية والمخدرات.
- ✧ المؤشرات الحيوية للأمراض أو التسمم.
- ✧ مستوى الحموضة والإلكتروليتات.

❖ **طرق التحليل**

- ✧ **الشرائط الكيميائية** :للكشف السريع عن الجلوكوز، الكيتونات، البروتين.
- ✧ **HPLCو GC-MS:** لتحديد مواد دقيقة مثل الأمفيتامين، الكوداين، LSD.

## 9-1-3 اللعاب: أداة غير تقليدية للتحليل الجنائي

❖ **أهمية اللعاب**

- ✧ يُستخدم في فحوصات تعاطي المخدرات أثناء القيادة.
- ✧ يحتوي على DNA للتحقق من الهوية.
- ✧ يوجد فيه بعض الأدوية والمركبات السامة.

❖ **طرق الكشف**

- ✧ **تحليل سريع باستخدام الشرائط** للكشف عن الكحول.
- ✧ **PCRو DNA Profiling** لتحديد هوية الأفراد.
- ✧ **التحليل الكيميائي الطيفي** للكشف عن بقايا الأدوية أو المواد السامة.

## 9-2 التحديات المرتبطة بتحليل السوائل البيولوجية

- ✧ **التحلل الحيوي** :تتعرض المواد البيولوجية للتحلل بعد الوفاة، ما قد يؤثر على النتائج.
- ✧ **التلوث** :اختلاط العينة بمواد خارجية مثل التراب أو سوائل أخرى يعيق التحليل.
- ✧ **الحجم الضئيل للعينة** :في بعض الحالات تكون الكمية قليلة جدًا، ما يتطلب تقنيات عالية الحساسية.

### 9-2-1 الاعتبارات القانونية والأخلاقية

- ✧ يجب أخذ عينات السوائل البيولوجية بطريقة قانونية، وبتصريح قضائي.
- ✧ التعامل مع العينات يتم بسرية وبروتوكولات تحفظ حقوق الأشخاص.
- ✧ لا يجوز استخدام النتائج إلا في السياق القضائي المشروع.

### 9-2-2 حالات دراسية تطبيقية

**حالة 1:**

تم اكتشاف جثة في مركبة، وأظهر تحليل الدم وجود مستوى عالٍ من الكحول والمهدئات، ما ساعد على إثبات فرضية الانتحار.

**حالة 2:**

كشفت فحوصات البول وجود مادة كيميائية نادرة تدل على تسمم متعمد بمبيد حشري، مما ساعد على توجيه التهمة لأحد المشتبه بهم. ان التحليل الكيميائي للسوائل البيولوجية يمثل حجر الزاوية في الطب الشرعي الحديث. من خلال هذا النوع من التحليل، يمكن الكشف عن التعرض لمواد خطرة، التسمم، حالة الوعي، وحتى الهوية الشخصية. إن تطور الأدوات التحليلية قد زاد من موثوقية هذه الاختبارات، مما يجعلها ذات قيمة كبيرة في ساحات القضاء.

## 9-3 تحليل البقايا الكيميائية في مسارح الجريمة (مواد مشتعلة، سموم، مخلفات متفجرات)

يمثل تحليل البقايا الكيميائية في مسرح الجريمة أحد أهم التخصصات الدقيقة في الكيمياء الجنائية. فعندما تُرتكب جريمة باستخدام مواد حارقة، سامة، أو متفجرة، فإن هذه المواد تترك آثارًا – غالبًا مجهرية – يمكن الكشف عنها باستخدام تقنيات تحليل متقدمة. هذا الفصل يستعرض أهم أنواع البقايا الكيميائية، وطرق جمعها وتحليلها، ودورها الحاسم في التحقيقات.

### 9-3-1 المواد القابلة للاشتعال والحارقة(Accelerants)

- ❖ **أنواع المواد الحارقة**

- ✧ البنزين، الكيروسين، الأسيتون، الإيثانول.
- ✧ تُستخدم في جرائم الحرق المتعمد لإخفاء الأدلة أو الانتقام.

❖ **طرق جمع العينات**

✧ قطع من الأرض أو الملابس المشبعة بالمادة.
✧ استخدام عبوات زجاجية محكمة الغلق لمنع تطاير المركبات المتطايرة.

❖ **تحليل البقايا**

✧ **الكروماتوغرافيا الغازية-الطيف الكتلي :(GC-MS)** الأداة الأساسية لتحديد البصمات الكيميائية للسوائل المتطايرة.
✧ **التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء :(FTIR)** يُستخدم لتأكيد نوع المادة.
✧ **الألياف والرماد** :يتم تحليلها للكشف عن آثار تفاعلات حرارية أو احتراق غير طبيعي.

❖ **تطبيق عملي**

كشفت بقايا كيروسين في أنقاض منزل محترق عن استخدامه كمادة حارقة، مما أدى إلى توجيه التهمة لمشتبه به كان قد اشترى كمية منه سابقًا.

## 2-3-9 السموم الكيميائية

❖ **أنواع السموم الشائعة**

✧ **السموم العضوية** :مثل السيانيد، الريسين، السارين.
✧ **السموم المعدنية** :مثل الزرنيخ، الرصاص، الزئبق.
✧ **السموم النباتية أو الحيوانية** :مثل الأتروبين، التوكسين، بعض سموم العقارب أو الثعابين.

❖ **طرق الكشف**

✧ **HPLCو :LC-MS/MS** لتحديد السموم في الدم، البول، أو الأنسجة.
✧ **اختبارات الألوان الكيميائية** :للكشف المبدئي عن وجود الزرنيخ أو السيانيد.
✧ **التحليل الطيفي الذري :(AAS)** لتحديد العناصر الثقيلة بدقة عالية.

❖ **تحديات التحليل**

- ✧ السموم قد تكون بتركيز ضئيل جدًا يصعب اكتشافه.
- ✧ بعض السموم تتحلل سريعًا بعد الوفاة، مما يستلزم سرعة جمع العينات.

### 9-3-3 مخلفات المتفجرات

❖ **أنواع المتفجرات**

- ✧ **عضوية**TNT :، RDX ،PETN.
- ✧ **غير عضوية** :نترات الأمونيوم، بيروكلورات البوتاسيوم.
- ✧ **محلية الصنع** :غالبًا من مواد كيميائية متوفرة تجاريًا.

❖ **مصادر البقايا**

- ✧ قطع معدنية متفحمة.
- ✧ ملابس أو أجسام تحمل آثار التفجير.
- ✧ تربة أو سطوح بالقرب من نقطة الانفجار.

❖ **طرق التحليل**

- ✧ **GC-MS**: لفحص المخلفات العضوية مثل.TNT
- ✧ **تقنية) SEM-EDS المجهر الإلكتروني الماسح مع التحليل الطيفي :(**لتحليل الجسيمات الدقيقة الناتجة عن التفجير.
- ✧ **FTIR**: لتحديد طبيعة المواد قبل وأثناء التفجير.

❖ **حالة تطبيقية**

في تفجير سيارة، وُجدت بقايا RDX في أنسجة جدران العربة. التحليل أشار إلى استخدام شحنة عسكرية الصنع، ما ساعد على توجيه التحقيق نحو مصدر محدد.

### 9-3-4 آلية ربط الأدلة بالمتهمين

❖ **البصمة الكيميائية** :كل مادة كيميائية لها "بصمة" يمكن مقارنتها مع مصادر مشبوهة.

❖ **سجل المشتريات** :عند العثور على بقايا مواد تجارية، يمكن تتبع من اشتراها.

- **DNAعلى الأدوات أو الحاويات** :يُستخدم لتحديد من تَعامل مع المادة.

### 9-3-5 اعتبارات السلامة والأخلاقيات

- التعامل مع المواد المتفجرة أو السامة يجب أن يتم من قبل مختصين مدربين.
- يتوجب توثيق كل خطوة في التحليل لضمان صحة النتائج أمام القضاء.
- يمنع العبث أو تلف العينات حتى لا تُرفض في المحكمة.

يُمكن أن تكون البقايا الكيميائية المفتاح الحاسم في حل ألغاز الجرائم المعقدة. وبفضل التقدم التكنولوجي في أدوات التحليل، بات بالإمكان تعقب آثار دقيقة جدًا من المواد الحارقة أو السامة أو المتفجرة. هذه التحليلات تمثل رابطًا غير مرئي لكنه حاسم بين الجريمة وفاعلها.

## 9-4 تقنيات التحليل الجزيئي (DNA) ودورها في الكيمياء الجنائية

أحدثت تقنيات التحليل الجزيئي، وبخاصة تحليل الحمض النووي(DNA) ، ثورة كبيرة في مجال الكيمياء الجنائية والطب الشرعي. توفر هذه التقنيات أدلة قوية وعلمية دقيقة تُمكن من تحديد هوية الأفراد بشكل لا مثيل له، مما ساعد في إدانة الأبرياء وتبرئة المظلومين.

### 9-4-1 أساسيات الحمض النووي(DNA)

- **الحمض النووي** هو المادة الوراثية التي تحمل المعلومات الجينية لكل كائن حي.
- يتكون من سلسلة طويلة من النيوكليوتيدات المرتبة بشكل معين.
- يحتوي على مناطق متغيرة بين الأفراد، مما يتيح التمييز الفردي.

### 9-4-2 طرق جمع وتحضير عيناتDNA

- **جمع العينات** :دم، لعاب، شعر مع جذوره، أنسجة، سوائل جسمية.
- **تحضير العينات** :استخراج الحمض النووي من الخلايا، تنقيته من الشوائب.
- **حماية العينات** :حفظها بطرق تمنع التحلل أو التلوث.

### 9-4-3 تقنيات تحليلDNA

❖ **تفاعل البوليميراز المتسلسل ( PCR)**

✧ تقنية لتكبير مناطق محددة من DNA بسرعة عالية.
✧ تمكّن من العمل على كميات قليلة جداً من العينة.

❖ **التحليل الكمي للـDNA**

✧ تحديد كمية الحمض النووي المتوفرة ومدى صلاحيتها.

❖ **التحليل المتعدد المواقع(STR Analysis)**

✧ يستخدم مواقع متكررة قصيرة لتكوين بصمة DNA فريدة.
✧ يُعتبر المعيار الذهبي في الطب الشرعي.

❖ **تقنيات أخرى**

✧ **RFLP:**تحليل طول القطع الناتجة عن إنزيمات التقييد.
✧ **Mt- :DNA**تحليل الحمض النووي الميتوكوندري، مهم في الحالات التي تكون فيها العينات قديمة أو متدهورة.

## 9-5 تطبيقات تحليل DNA في الكيمياء الجنائية

❖ **تحديد هوية الجناة** من خلال عينات الدم أو اللعاب أو الشعر.
❖ **ربط الأدلة بمسرح الجريمة** مثل الأنسجة أو الأجسام التي تركها الجاني.
❖ **تحديد هوية الضحايا** في حالات الكوارث أو الحوادث.
❖ **فك رموز النزاعات القانونية** مثل قضايا الأبوة.

## 9-6 التحديات والمشاكل في تحليلDNA

❖ **التلوث** :يمكن أن يؤدي إلى نتائج خاطئة.
❖ **التحلل** :المواد البيولوجية قد تتدهور بسبب الزمن أو البيئة.

❖ **الاختلاط** :وجود DNA لأكثر من شخص في العينة يعقد التحليل.
❖ **المسائل القانونية والأخلاقية** :يجب الالتزام بالقوانين المتعلقة بالخصوصية واستخدام الأدلة.

## 9-7 الاعتبارات القانونية في تحليلDNA

- ❖ توثيق عملية جمع العينات وتحليلها بدقة.
- ❖ ضمان سلامة سلسلة الحراسة.(Chain of Custody)
- ❖ عرض النتائج بشكل مفهوم وواضح أمام المحاكم.

يُعتبر تحليل الحمض النووي أداة قوية وحاسمة في الكيمياء الجنائية، حيث يوفر أدلة لا تقبل الجدل في تحديد هوية الأفراد وارتباطهم بمسرح الجريمة. ومع استمرار التطورات التقنية، تتوسع إمكانيات هذا المجال لتشمل تحاليل أدق وأشمل.

## 9-8 تحليل السموم والمواد الكيميائية السامة في الطب الشرعي

يعد تحليل السموم والمواد الكيميائية السامة من أهم فروع الكيمياء الجنائية التي تركز على الكشف عن المواد التي تؤثر على صحة الإنسان أو تسبب الوفاة. تُستخدم هذه التحليلات لتحديد وجود السموم في الجسم، دراسة آثارها، وتحديد دورها في وقوع الجريمة أو الوفاة. وبسبب التعقيدات البيولوجية والكيميائية التي تواجهها، يعتبر هذا التخصص من أكثر المجالات تحديًا في الطب الشرعي.

### 9-8-1 تصنيف السموم في الطب الشرعي

#### 9-8-1-1 السموم العضوية

- ❖ **تعريف** :مركبات تحتوي على الكربون بشكل رئيسي، وغالبًا ما تكون مركبات معقدة لها تأثيرات بيولوجية.
- ❖ **أمثلة:**

- ✧ المبيدات الحشرية العضوية مثل **الباراثيون**.
- ✧ السموم النباتية مثل **الريسين** و**الأتروبين**.
- ✧ السموم الحيوانية مثل سموم الثعابين والعقارب.

#### 9-8-1-2 السموم غير العضوية

- ❖ **تعريف** :مركبات معدنية أو غير كربونية تسبب تسممًا.
- ❖ **أمثلة:**

- ✧ المعادن الثقيلة مثل **الزرنيخ، الرصاص،** و**الزئبق.**
- ✧ مركبات كيميائية مثل **السيانيد.**

### 9-8-1-3 السموم الكيميائية الصناعية

- ❖ مواد كيميائية تستخدم في الصناعة أو الزراعة قد تكون سامة عند التعرض لها مثل **الأسيتون، المذيبات العضوية، الأحماض القوية،** والمواد الكاوية.

## 9-8-2 مصادر السموم في الجسم

- ❖ **الدم** :يُعد المصدر الأساسي للكشف عن السموم، حيث تنتشر السموم عبر الدم إلى مختلف أعضاء الجسم.
- ❖ **الأنسجة والأعضاء** :مثل الكبد، الكلى، الدماغ، حيث يتم تخزين أو تحلل السموم.
- ❖ **السوائل البيولوجية** :البول، اللعاب، السائل الدماغي الشوكي، التي تحمل آثار السموم.
- ❖ **الشعر والأظافر** :توفر معلومات عن التعرض المزمن أو التسمم السابق.

## 9-8-3 آلية امتصاص وتوزيع السموم

- ❖ **الامتصاص** :تحدث عبر الفم، الجلد، الرئة، أو الأغشية المخاطية.
- ❖ **التوزيع** :تنتقل السموم عبر الدم إلى الأعضاء المختلفة، وقد تترسب في أنسجة محددة.
- ❖ **التمثيل الغذائي (التحول الحيوي)** :تقوم الكبد بتحويل السموم إلى مركبات أقل سمية أو أكثر قابلية للطرح.
- ❖ **الإخراج** :تتم عن طريق البول، البراز، العرق، أو التنفس.

## 9-9 تقنيات الكشف والتحليل

### 9-9-1 الطرق التحليلية التقليدية

- ❖ **الاختبارات الكيميائية المبدئية:**

- ✧ اختبارات الألوان: مثل اختبار **ماري جيرمان** للكشف عن الكوكايين.
- ✧ اختبار **فوريسش** للكشف عن الزرنيخ.

- ❖ **التحليل الطيفي:**

✧ **FTIR** و **UV-Vis** لتحليل المركبات العضوية.

## 9-9-2 الطرق التحليلية المتقدمة

❖ **الكروماتوغرافيا الغازية (GC) و:GC-MS**

✧ تستخدم للكشف عن المركبات العضوية المتطايرة والغير متطايرة.
✧ تساعد في فصل وتحليل المركبات السامة المعقدة.

❖ **الكروماتوغرافيا السائلة عالية الأداء:(HPLC)**

✧ مناسبة لتحليل المواد الحساسة والغير متطايرة.
✧ يمكن دمجها مع مطياف الكتلة (LC-MS) لتحليل دقيق للسموم.

❖ **التحليل الطيفي الذري:(AAS, ICP-MS)**

✧ تستخدم لتحليل المعادن الثقيلة بدقة عالية.

❖ **التقنيات المناعية:(Immunoassays)**

✧ اختبارات سريعة للكشف عن سموم محددة مثل البنزوديازيبينات.

## 9-10 خطوات التحليل في المختبر

❖ **جمع العينات:**

✧ اتباع إجراءات صارمة لمنع التلوث.
✧ استخدام حاويات محكمة الإغلاق.

❖ **تحضير العينات:**

✧ تنقية العينات من المواد الغريبة.
✧ تركيز المواد السامة إذا كانت موجودة بكميات صغيرة.

❖ **إجراء التحليل:**

- ✧ اختيار التقنية المناسبة بناءً على نوع السم وطبيعة العينة.
- ✧ مقارنة النتائج مع قواعد بيانات السموم.

❖ **تفسير النتائج:**

- ✧ تحديد نوع السم.
- ✧ تقدير تركيزه في العينة.
- ✧ استنتاج مدى تأثير السم على حالة الضحية.

## 9-11 أهمية تحليل السموم في التحقيقات الجنائية

- ❖ **إثبات التعمد أو القتل العمد** :عبر الكشف عن سموم غير متوقعة أو غير طبيعية.
- ❖ **تحديد سبب الوفاة** :في حالات الوفاة الغامضة أو غير الطبيعية.
- ❖ **تحديد هوية السم وتوقيت التعرض** :مما يساعد في تتبع مصدر السم ومدى خطورته.
- ❖ **دعم أو نفي الشهادات** :مثل ما إذا كان الضحية تناول مادة معينة قبل الوفاة.

## 9-12- التحديات في تحليل السموم

- ✧ **تحلل السموم** :بعض السموم تتحلل سريعًا، مما يصعب اكتشافها.
- ✧ **وجود مواد مشابهة** :بعض المركبات الكيميائية تشبه السموم، مما قد يؤدي إلى تشخيص خاطئ.
- ✧ **كميات ضئيلة** :وجود تركيزات منخفضة جداً يتطلب أجهزة تحليل فائقة الحساسية.
- ✧ **التداخل الكيميائي** :المركبات الأخرى في العينة قد تعيق الكشف الدقيق.

## 9-13 حالات دراسية وتحليلية

**الحالة الأولى: تسمم بالزرنيخ**

- ✧ شخص توفي بعد فترة قصيرة من ظهور أعراض التسمم.
- ✧ تحليل الأنسجة والدم أظهر وجود تركيز عالي من الزرنيخ.
- ✧ البحث الجنائي كشف عن وجود مادة تحتوي على الزرنيخ في مكان الحادث.

**الحالة الثانية: تسمم بالسيانيد**

- ✧ اكتشاف وفاة مفاجئة مع علامات اختناق.
- ✧ الكشف عن رائحة اللوز المرير وتحليل الدم كشف وجود السيانيد.
- ✧ التحقيق كشف عن احتمال انتحار أو تسميم عمد.

## 9-14 الاعتبارات القانونية والأخلاقية

- ❖ **المعايير الدولية** :الالتزام بالبروتوكولات المعتمدة.
- ❖ **حفظ سلسلة الحراسة** :لضمان قبول الأدلة في المحاكم.
- ❖ **السرية** :احترام خصوصية الأفراد.
- ❖ **التدريب** :ضرورة تدريب المختصين على استخدام الأجهزة وتحليل النتائج.

يعد تحليل السموم من الركائز الأساسية في الكيمياء الجنائية، إذ يوفر وسائل دقيقة وحساسة للكشف عن المواد السامة وتأثيراتها، مما يساعد في حل الجرائم وفهم أسباب الوفاة. ومع تقدم التقنيات المختبرية وتكاملها مع علوم الأحياء والكيمياء، يتوقع أن يصبح هذا المجال أكثر دقة وفاعلية في المستقبل.

## 9-15 دور تقنيات الطيف والتحليل الطيفي في الكيمياء الجنائية

تلعب تقنيات التحليل الطيفي دورًا محوريًا في الكيمياء الجنائية، حيث تسمح بتحديد المواد الكيميائية بدقة عالية، وتحليل مكونات العينات التي تُجمع من مسرح الجريمة. تستخدم هذه التقنيات في الكشف عن المواد المتفجرة، السموم، المواد الحارقة، والأصباغ، فضلاً عن تحديد تركيبة المواد المشبوهة أو الأدلة الكيميائية الأخرى.

### 9-15-1 أنواع التحليل الطيفي المستخدمة في الكيمياء الجنائي

- ❖ **التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء(FTIR)**

- ✧ مبدأ العمل: يعتمد على امتصاص المركبات للضوء في منطقة الأشعة تحت الحمراء، ما يؤدي إلى اهتزاز الجزيئات.
- ✧ استخداماته: تحديد المركبات العضوية، تحليل الأصباغ، الكشف عن بقايا المواد الحارقة أو المتفجرة.
- ✧ المميزات: سريع، غير مدمر للعينة، يتطلب كمية صغيرة.

- ❖ **التحليل الطيفي بالأشعة فوق البنفسجية ومرئية(UV-Vis)**

- ✧ مبدأ العمل: امتصاص المادة لأشعة فوق بنفسجية أو مرئية وتحديد الأطوال الموجية الممتصة.
- ✧ الاستخدامات: الكشف عن الأصباغ، تحديد المواد الكيميائية في السوائل.
- ✧ محدودية في تحليل المركبات غير العضوية.

### ❖ التحليل الطيفي الذري(Atomic Spectroscopy)

- ✧ يتضمن تقنيات مثل الامتصاص الذري (AAS) والانبعاث الذري.(AES)
- ✧ يُستخدم لتحليل العناصر المعدنية في العينات، مثل المعادن الثقيلة والسموم.
- ✧ دقة عالية في الكشف عن العناصر بتركيزات منخفضة جدًا.

### ❖ التحليل الطيفي بالرنين المغناطيسي النووي(NMR)

- ✧ يوفر معلومات مفصلة عن التركيب الجزيئي للمركبات.
- ✧ يستخدم بشكل محدود في الكيمياء الجنائية بسبب تكلفته وتعقيده.

## 9-15-2 تطبيقات التحليل الطيفي في الكشف الجنائي

- ❖ **الكشف عن المواد المتفجرة** :تحديد تركيب المتفجرات العضوية وغير العضوية.
- ❖ **تحليل الأصباغ والدهانات** :تحديد مصدر الأدلة مثل بصمات الطلاء أو الحبر.
- ❖ **الكشف عن السموم** :تحديد المركبات الكيميائية في العينات البيولوجية.
- ❖ **تحليل الألياف** :تمييز نوع الألياف المستخدمة في الجرائم.

## 9-16 جمع العينات وتحضيرها للتحليل الطيفي

- ❖ أهمية جمع العينات بطريقة صحيحة للحفاظ على التركيب الكيميائي.
- ❖ تحضير العينات عبر التجفيف، الطحن، أو إذابة المادة في مذيب مناسب.
- ❖ التعامل مع العينات بحذر لتجنب التلوث.

## 9-16-1 مزايا وعيوب تقنيات التحليل الطيفي

**المزايا**

- ✧ دقة عالية في التحديد الكيميائي.
- ✧ سرعة النتائج مقارنة ببعض الطرق التقليدية.
- ✧ القدرة على تحليل عينات صغيرة جداً.
- ✧ إمكانية تحليل المواد بشكل غير مدمر.

**العيوب**

- ✧ قد تتداخل بعض المركبات مع بعضها مما يصعب التمييز.
- ✧ تكلفة الأجهزة وصيانتها مرتفعة.
- ✧ يتطلب خبرة عالية في تفسير النتائج.

## 17- 9 التطورات الحديثة في مجال التحليل الطيفي الجنائي

- ❖ **التحليل الطيفي المحمول** :أجهزة تحليل طيفي صغيرة الحجم يمكن استخدامها مباشرة في مسرح الجريمة.
- ❖ **الدمج بين تقنيات متعددة** :مثل دمج FTIR مع GC-MS للحصول على تحاليل أكثر دقة.
- ❖ **الذكاء الاصطناعي في تفسير الطيف** :استخدام خوارزميات تعلم الآلة لتحليل الطيف بسرعة وبدقة.

## 9-18 دراسات حالة تطبيقية

- ❖ **تحليل بقايا متفجرة في مسرح تفجير** :استخدام FTIR لتحديد المركبات المتفجرة.
- ❖ **تحديد نوع الحبر في قضية تزوير مستندات** :تحليل طيفي للأصباغ لتحديد المصدر.
- ❖ **الكشف عن السموم في الدم** :تطبيق UV-Vis و GC-MSلتحليل عينات الدم في قضايا تسمم.

تقنيات التحليل الطيفي تشكل أداة لا غنى عنها في الكيمياء الجنائية الحديثة، فهي توفر وسائل دقيقة وفعالة لتحليل مجموعة واسعة من المواد الكيميائية والأدلة الجنائية. مع تطور التكنولوجيا ودمجها مع الذكاء الاصطناعي، يزداد الدور الحيوي لهذه التقنيات في تسريع التحقيقات الجنائية وضمان دقتها.

## 9-18 دمج الذكاء الاصطناعي مع تقنيات التحليل الطيفي في الكيمياء الجنائية

في السنوات الأخيرة، برز الذكاء الاصطناعي (AI) كأحد الأدوات الثورية في مجال الكيمياء الجنائية، لا سيما في تحليل البيانات الكيميائية المعقدة. بدمج تقنيات التحليل الطيفي مع الخوارزميات الذكية، يمكن تسريع عمليات الكشف،

تحسين دقة النتائج، وتقليل الخطأ البشري. يناقش هذا الفصل كيف يمكن للذكاء الاصطناعي أن يعزز من فعالية تحليلات المواد الكيميائية والسموم في مجال الطب الشرعي.

## 9-18-1 لماذا الذكاء الاصطناعي في التحليل الطيفي؟

- **التعامل مع كميات ضخمة من البيانات** :أجهزة التحليل الطيفي تولد بيانات معقدة وكبيرة الحجم تحتاج إلى معالجة دقيقة.
- **التعرف على الأنماط** :الخوارزميات الذكية قادرة على كشف أنماط دقيقة في الطيف قد تغيب عن المراقب البشري.
- **تسريع العمليات** :تقليل الوقت اللازم لتحليل العينات مما يسرع من التحقيقات.
- **تقليل الأخطاء البشرية** :خاصة في تفسير النتائج التي قد تكون معقدة أو غامضة.

## 9-18-2 أنواع تقنيات الذكاء الاصطناعي المستخدمة

- **تعلم الآلة(Machine Learning)**

  - بناء نماذج قادرة على التنبؤ أو التصنيف بناءً على بيانات تدريب.
  - أمثلة: تصنيف الطيف لتحديد نوع المادة الكيميائية، التمييز بين مركبات متشابهة.

- **التعلم العميق(Deep Learning)**

  - شبكات عصبية متعددة الطبقات قادرة على استخراج خصائص معقدة من البيانات.
  - يستخدم في تحليل أطياف معقدة أو متعددة الأبعاد.

- **تحليل البيانات الضخمة(Big Data Analytics)**

  - التعامل مع قواعد بيانات ضخمة تجمع من مختبرات مختلفة.
  - كشف الاتجاهات والأنماط على نطاق واسع.

## 19 -9 تطبيقات الذكاء الاصطناعي في الكيمياء الجنائية

- **تحليل بيانات الطيف**

- ✧ استخدام الشبكات العصبية للتعرف التلقائي على مركبات معينة في طيف FTIR أو.GC-MS
- ✧ تحسين دقة تحديد السموم أو المتفجرات حتى في العينات المختلطة.

- ❖ **التنبؤ بتركيبة المركبات الكيميائية**

- ✧ بناء نماذج قادرة على توقع وجود مركبات غير معروفة اعتمادًا على الأنماط الطيفية.

- ❖ **الكشف عن التزوير والتلاعب في الأدلة الكيميائية**

- ✧ أنظمة AI تكتشف التغيرات الطفيفة أو الشذوذ في البيانات التي قد تدل على التزوير.

- ❖ **أتمتة تقارير التحليل**

- ✧ توليد تقارير تحليلية آلية مبنية على نتائج التحليل والطيف، مع شرح مبسط للنتائج.

## 9-20 خطوات دمج الذكاء الاصطناعي في المختبرات الجنائية

- ❖ **تجميع بيانات الطيف** من تحاليل سابقة ومتنوعة.
- ❖ **تنظيف وتحضير البيانات** للتأكد من جودة ودقة المعلومات.
- ❖ **تدريب نماذج AI** على التعرف على الأنماط والخصائص.
- ❖ **اختبار النماذج** على عينات مجهولة لضمان دقتها.
- ❖ **دمج النظام مع الأجهزة** لاستخدامه في التحليل اللحظي.
- ❖ **تطوير واجهات تفاعلية** لتسهيل استخدام الخبراء للمخرجات.

## 9-21 التحديات والاعتبارات

- ❖ **جودة البيانات** :يعتمد نجاح الذكاء الاصطناعي على جودة البيانات المدخلة.
- ❖ **التحيز في النماذج** :خطر أن تكون النماذج متحيزة بناءً على بيانات التدريب.
- ❖ **حماية الخصوصية** :التأكد من أن البيانات المستخدمة تخضع للمعايير الأخلاقية والقانونية.

- ❖ **تكلفة التنفيذ** :الاستثمار في تقنيات AI وصيانتها يتطلب موارد مالية وبشرية.

## 9-22 دراسات حالة حديثة

- **نموذج AI لتحليل المتفجرات** :استخدم في مختبرات عدّة لتصنيف المتفجرات بسرعة ودقة عالية، مع تقليل الخطأ في العينات المختلطة.
- **كشف السموم باستخدام التعلم العميق** :تمكن من كشف أنواع السموم النادرة في عينات معقدة لم يكن من السهل تمييزها يدويًا.

## 9-23 مستقبل دمج الذكاء الاصطناعي في الكيمياء الجنائية

- توسع استخدام **الروبوتات الذكية** لجمع العينات وتحليلها في مسرح الجريمة.
- استخدام **التعلم الذاتي** (Self-learning AI)لتحسين الأداء تلقائيًا مع مرور الوقت.
- دمج البيانات الكيميائية مع بيانات أخرى (مثل البيانات الجينية، الرقمية) لتحليل شامل متعدد الأبعاد.

دمج الذكاء الاصطناعي مع تقنيات التحليل الطيفي في الكيمياء الجنائية يعزز من القدرة على كشف وتحليل المواد الكيميائية بدقة وسرعة غير مسبوقة. ومع التطورات المستمرة في تقنيات التعلم الآلي، يصبح هذا المجال أكثر قوة وفاعلية في دعم العدالة الجنائية.

## 9-24 تقنيات الذكاء الاصطناعي المستخدمة في الكيمياء الجنائية مع التركيز على التحليل الطيفي

**التعريف** :هو فرع من الذكاء الاصطناعي يتيح للأنظمة تحسين أدائها في مهمة معينة من خلال التعلم من البيانات، بدون برمجة صريحة لكل حالة.

### 9-24-1 التطبيقات في الكيمياء الجنائية:

- تصنيف الأطياف: مثل استخدام خوارزميات الانحدار اللوجستي، الغابات العشوائية(Random Forest) ، وآلات الدعم الناقل (SVM) لتمييز المواد المتفجرة أو السموم عبر تحليل بيانات FTIR أو.GC-MS
- التنبؤ بالمركبات: بناء نماذج تتعرف على وجود مركبات جديدة اعتمادًا على أنماط الطيف.

- **التعلم العميق(Deep Learning)**
- **التعريف** :نوع متقدم من تعلم الآلة يستخدم الشبكات العصبية متعددة الطبقات (Deep Neural Networks) لاستخراج خصائص معقدة من البيانات.
- **التطبيقات:**

- ✧ تحليل الطيف المعقد: مثل طيف الكتلة (Mass Spectrometry) وتحليل FTIR متعدد الأبعاد حيث يمكن للنموذج التمييز بين المركبات التي تتداخل أطيافها.
- ✧ اكتشاف الأنماط غير الظاهرة: تمكن الشبكات العصبية العميقة من التعرف على أنماط دقيقة في البيانات التي يصعب على البشر ملاحظتها.
- ✧ تحسين جودة البيانات: إزالة الضوضاء من الإشارات الطيفية لتحسين دقة التحليل.

❖ **خوارزميات التجميع(Clustering Algorithms)**

- ✧ تستخدم لتجميع البيانات الطيفية المشابهة بدون تصنيفات مسبقة.
- ✧ تساعد في اكتشاف مجموعات غير معروفة مسبقًا من المركبات الكيميائية في العينات المعقدة.

❖ **خوارزميات تقليل الأبعاد(Dimensionality Reduction)**

- ✧ مثل تحليل المكونات الرئيسية (PCA) وتقنياتt-SNE ، تستخدم لتبسيط بيانات الطيف الكبيرة والمعقدة دون فقد المعلومات المهمة.
- ✧ تُستخدم لعرض البيانات بشكل بصري، ما يسهل تحليل الخبراء.

### 9-24-2 الذكاء الاصطناعي التفسيري(Explainable AI)

- ✧ يهتم بتوضيح كيفية وصول النماذج إلى قراراتها، وهو أمر حاسم في المجال الجنائي الذي يتطلب شفافية في الأدلة.
- ✧ يضمن تقديم تفسير منطقي يمكن استخدامه في المحكمة.

### 9-24-3 أمثلة تطبيقية لتقنيات الذكاء الاصطناعي

- ✧ استخدام شبكات CNN (Convolutional Neural Networks) لتحليل صور الطيف وتحسين التعرف على المركبات.
- ✧ دمج خوارزميات التعلم العميق مع GC-MS للكشف الفوري عن المتفجرات والمواد الكيميائية.
- ✧ استخدام نماذج التعلّم المعزز (Reinforcement Learning) لتحسين طرق التحليل التجريبي في المختبرات.

تعتبر الكمائن الخداعية من الأدوات المستخدمة في الجرائم لتضليل رجال الأمن أو المحققين ومنع اكتشاف الأدلة الحاسمة. ومع تطور أساليب الجرائم، ازدادت تعقيدات الكمائن، مما استدعى استخدام تقنيات متقدمة مثل الذكاء الاصطناعي لتحليل وفك شفرة هذه الكمائن بفعالية أكبر. يناقش هذا الفصل كيف يمكن للذكاء الاصطناعي أن يساعد في الكشف عن الكمائن وتحليلها والتعامل معها بطريقة منهجية وعلمية.

## 25- 9 ماهية الكمائن الخداعية وأمثلة شائعة

- ❖ الكمائن التي تعتمد على المواد الكيميائية المزيفة لإخفاء آثار الجرائم.
- ❖ استخدام مواد متفجرة أو مخاطر كاذبة للتشويش على التحقيقات.
- ❖ تمويه الأدلة بإعادة ترتيب موقع الجريمة أو إضافة مواد مموهة.

### 9-25-1 دور الذكاء الاصطناعي في التعرف على الكمائن

- ❖ **لتعلم الآلي للكشف عن الأنماط المشبوهة**

- ✧ تحليل البيانات الميدانية ونتائج الفحوصات الكيميائية للكشف عن التناقضات.
- ✧ استخدام الخوارزميات للكشف عن التشويش أو الإشارات المزيفة في العينات.

### 9-25-2 الرؤية الحاسوبية(Computer Vision)

- ✧ تحليل الصور والفيديوهات من مسرح الجريمة لرصد علامات التلاعب أو وجود مواد غير متوافقة.
- ✧ التعرف على أنماط التشويش أو التمويه في المشاهد البصرية.

### 9-25-3 معالجة اللغة الطبيعية(NLP)

- ❖ تحليل البيانات النصية من تقارير التحقيق أو الاتصالات للكشف عن محاولات التمويه أو الكذب.

### 9-26 تطبيقات عملية للذكاء الاصطناعي في الكمائن

- ❖ **نماذج الكشف المبكر** :تدريب نماذج على بيانات تجارب سابقة للتنبؤ بوجود كمائن.
- ❖ **المساعدة في اتخاذ القرار** :أنظمة دعم القرار التي توجه المحققين لاتخاذ الإجراءات المناسبة عند وجود شكوك.
- ❖ **الكشف عن المواد المتفجرة المزيفة** :استخدام الذكاء الاصطناعي لتحليل عينات مشكوك بها وتمييزها عن الحقيقية.

### 9-26-1 التحديات والفرص

- ❖ تحديات مثل نقص البيانات عالية الجودة لتدريب النماذج.
- ❖ الحاجة لدمج الذكاء الاصطناعي مع خبرة المحققين.
- ❖ الفرصة لتطوير أنظمة ذكية قادرة على التعلم المستمر وتحسين الأداء.

تقدم تقنيات الذكاء الاصطناعي أدوات فعالة وجديدة لمواجهة الكمائن الخداعية في الجرائم، مما يعزز قدرة جهات التحقيق على كشف التلاعب وضمان تحقيق العدالة بشكل أسرع وأكثر دقة.

## 9-27 الذكاء الاصطناعي وتحليل المواد المتفجرة في مسرح الجريمة

يعتبر التعرف على المواد المتفجرة وتحليلها بدقة من أهم مهام الكيمياء الجنائية في مسرح الجريمة. تلعب تقنيات الذكاء الاصطناعي دورًا حيويًا في تسريع عمليات الكشف وتحليل العينات المعقدة، مما يقلل من الأخطاء ويوفر دعمًا قويًا لفرق التحقيق الجنائي. يناقش هذا الفصل كيفية تطبيق الذكاء الاصطناعي في تحليل المواد المتفجرة وتحديد خصائصها.

### 9-27-1 التحديات التقليدية في تحليل المواد المتفجرة

- ❖ تعدد أنواع المتفجرات وتنوع تركيباتها.
- ❖ التشويش الناتج عن تلوث العينات أو وجود مواد أخرى.
- ❖ الحاجة لسرعة ودقة في الكشف لتجنب وقوع خسائر إضافية.

### 9-27-2 تقنيات الذكاء الاصطناعي في الكشف والتحليل

- ❖ **تعلم الآلة للكشف المبكر**

- ✧ نماذج تصنيف متعددة الطبقات قادرة على تمييز المتفجرات المختلفة بناءً على خصائص الطيفية.
- ✧ تحليل البيانات الكيميائية لاستخراج مؤشرات مميزة.

- ❖ **التعلم العميق لتحليل العينات المعقدة**

- ✧ استخدام الشبكات العصبية العميقة لتحليل طيف الكتلة (Mass Spectrometry) أو مطيافية الرنين المغناطيسي النووي.(NMR)

- القدرة على فصل الإشارات المتداخلة وتحديد المكونات بدقة عالية.

❖ **الذكاء الاصطناعي لتحليل الصور والتصوير الحراري**

- تحليل صور مسرح الجريمة باستخدام تقنيات الرؤية الحاسوبية للكشف عن آثار المواد المتفجرة أو بقاياها.
- استخدام الكاميرات الحرارية لتحديد مناطق متفجرة محتملة بناءً على أنماط الحرارة.

**حالات تطبيقية**

- نظام ذكاء اصطناعي في أحد المختبرات الدولية قام بتحليل عينات متفجرة معقدة بدقة تفوق 95.%
- استخدام روبوتات ذكية مزودة بأجهزة استشعار وتحليل فوري للمساعدة في تفكيك المتفجرات دون تعريض البشر للخطر.

### 9-27-3 التكامل مع فرق التحقيق

- تقديم تقارير تحليلية دقيقة وسريعة.
- دمج النظام مع قواعد بيانات المتفجرات العالمية لتسهيل التعرف.
- دعم اتخاذ القرارات والتوصيات الوقائية.

❖ **التحديات المستقبلية**

- ضمان سلامة وأمن الأنظمة الذكية.
- تطوير خوارزميات قابلة للتفسير لفهم القرارات المعقدة.
- مواكبة التطورات المستمرة في أنواع المتفجرات وطرق إخفائها.

يوفر الذكاء الاصطناعي أدوات متقدمة وفعالة لتحليل المواد المتفجرة، مما يساهم بشكل كبير في تعزيز الأمان وتحقيق العدالة في القضايا الجنائية المتعلقة بالمتفجرات.

## 9-28 تقنيات الذكاء الاصطناعي المتقدمة في تحليل الأدلة الجنائية

شهد مجال الذكاء الاصطناعي تطورًا كبيرًا في العقد الأخير، مع ظهور تقنيات متقدمة مثل التعلم العميق، الشبكات العصبية التوليدية، والتعلم المعزز. في هذا الفصل، سنناقش هذه التقنيات وكيفية توظيفها في تحليل الأدلة الجنائية خاصة في مجال الكيمياء الجنائية، وتحليل المواد المتفجرة والكمائن الخداعية.

### 9-28-1 التعلم العميق(Deep Learning)

❖ **شبكات الشبكات العصبية التلافيفية (CNN)**

✧ تستخدم بشكل واسع في تحليل الصور الطيفية وصور مسرح الجريمة.
✧ تتيح تمييز التفاصيل الدقيقة والأنماط المعقدة التي يصعب ملاحظتها يدويًا.
✧ مثال: تحليل صور الطيف الناتجة عن مطيافية الأشعة تحت الحمراء لتحليل المركبات الكيميائية بدقة عالية.

❖ **شبكات RNN و LSTM الشبكات العصبية المتكررة:**

✧ فعالة في تحليل تسلسل البيانات، مثل بيانات الطيف المتغيرة بمرور الوقت.
✧ تساعد في التنبؤ بتطور المواد الكيميائية أو التفاعلات في العينة.

❖ **الشبكات العصبية التوليدية(Generative Models)**

- **نماذج:(GANs (Generative Adversarial Networks**

✧ تستخدم لتوليد بيانات طيفية اصطناعية لتحسين تدريب نماذج الكشف.
✧ تساهم في إنشاء عينات بيانات إضافية لعلاج نقص البيانات الحقيقية في المختبرات الجنائية.
✧ يمكن أن تساعد في التعرف على مركبات جديدة أو مزيفة.

❖ **التعلم المعزز(Reinforcement Learning)**

✧ تقنيات تعلم تعتمد على التفاعل مع البيئة لتحسين الأداء.
✧ تُستخدم في تحسين استراتيجيات التحليل المعملي، مثل تعديل أجهزة التحليل أو تحسين تسلسل عمليات الكشف.
✧ مثال: روبوتات ذكية تتعلم كيفية التعامل مع مسرح الجريمة وتحليل العينات بأقل خطأ ممكن.

❖ **معالجة البيانات متعددة الأبعاد(Multimodal Data Processing)**

✧ دمج البيانات الكيميائية مع الصور، النصوص، والبيانات الرقمية لتعزيز دقة التحليل.
✧ تقنيات AI تستطيع معالجة هذه البيانات المختلفة معا للوصول إلى استنتاجات أكثر شمولًا.
✧ مثال: ربط نتائج التحليل الطيفي مع تقارير التحقيق وتحليل الصور لتعزيز فهم مسرح الجريمة.

❖ **التفسير والشفافية(Explainability)**

- ✧ أهمية تطوير نماذج AI قابلة للتفسير في المجال الجنائي لضمان قبول النتائج في المحاكم.
- ✧ استخدام تقنيات مثل LIME و SHAPلشرح مخرجات النماذج الذكية.
- ✧ تمكين الخبراء من فهم كيفية اتخاذ القرار من قبل الأنظمة الذكية.

### 9-28-2 التحديات التقنية والأخلاقية

- ❖ ضمان جودة البيانات وموثوقية النماذج.
- ❖ مواجهة التحيزات في النماذج نتيجة لعدم تمثيل كامل للبيانات.
- ❖ حماية الخصوصية وسرية المعلومات.
- ❖ الاعتبارات القانونية والأخلاقية في استخدام AI في التحقيقات الجنائية

تقدم التقنيات المتقدمة في الذكاء الاصطناعي فرصًا غير مسبوقة لتحليل الأدلة الجنائية بكفاءة ودقة، ولكنها تتطلب تطوير مستمر مع مراعاة الجوانب التقنية والأخلاقية لضمان تطبيقها الفعال والعاد

## 9-29 دراسات حالة عملية في تطبيقات الذكاء الاصطناعي بالكيمياء الجنائية

توضح دراسات الحالة هذه كيفية توظيف الذكاء الاصطناعي في المختبرات والفرق الجنائية على أرض الواقع، مع تسليط الضوء على النجاحات والتحديات التي واجهتها هذه التطبيقات. نستعرض تجارب من مختلف أنحاء العالم، توضح الفوائد العملية والتقنية.

**9-29-1 دراسة حالة 1:** الكشف الآلي عن المواد المتفجرة باستخدام التعلم العميق

- ❖ **الوصف:**

- ✧ مختبر أمني في أوروبا طور نظامًا يعتمد على شبكات CNN لتحليل بيانات مطيافية للأشعة تحت الحمراء (FTIR).
- ✧ النظام يتعرف تلقائيًا على بصمات متفجرات مثل TNT و RDXبدقة تجاوزت 96.%

- ❖ **التقنيات المستخدمة:**

  - ✧ CNN، معالجة البيانات الطيفية، تقنيات ما قبل المعالجة مثل إزالة الضوضاء.

- ❖ **النتائج:**

- ✧ تحسين سرعة الكشف وتقليل الأخطاء البشرية.
- ✧ استخدام النظام في حالات ميدانية مع نتائج إيجابية.

**9-29-2 دراسة حالة 2: تحليل الكمائن الخداعية باستخدام الذكاء الاصطناعي**

- **الوصف:**

- ✧ فريق تحقيق جنائي في أمريكا الشمالية استخدم خوارزميات تعلم الآلة لتحليل بيانات ميدانية تشمل تقارير نصية، صور، وبيانات كيميائية.
- ✧ النظام حدد نمط تكرار للكمائن الخداعية تم استخدامه في جرائم متعددة.

- **التقنيات المستخدمة:**

  - ✧ تعلم الآلة(Random Forest) ، معالجة اللغة الطبيعية(NLP) ، تحليل الصور.

- **النتائج:**

  - ✧ ساعد النظام في كشف مخططات التمويه وتوجيه فرق التحقيق نحو أدلة حقيقية.

**9-29-3 دراسة حالة 3: روبوتات ذكية للكشف عن المتفجرات**

- **الوصف:**

- ✧ استخدام روبوتات مزودة بأجهزة استشعار طيفية متقدمة مدعومة بخوارزميات الذكاء الاصطناعي لتحليل العينات في مواقع التفجير.
- ✧ الروبوتات يمكنها التنقل بأمان وتحليل العينات في الوقت الحقيقي.

- **التقنيات المستخدمة:**

  - ✧ تعلم معزز، تحليل طيفي، الرؤية الحاسوبية.

- **النتائج:**

- ✧ تقليل المخاطر البشرية، تسريع الإجراءات الأمنية، دقة عالية في التعرف على المواد المتفجرة.

### 9-29-4 الدروس المستفادة والتوصيات

- ✧ أهمية جودة البيانات وتنوعها لتدريب نماذج AI فعالة.
- ✧ ضرورة الدمج بين الذكاء الاصطناعي وخبرة الخبراء الجنائيين.
- ✧ تطوير أنظمة مرنة وقابلة للتكيف مع أنواع جديدة من الأدلة والمواد.
- ✧ التأكيد على التوثيق والتفسير لضمان قبول الأدلة في النظام القضائي.

تثبت دراسات الحالة أن الذكاء الاصطناعي ليس فقط أداة نظرية بل له تأثير عملي ملموس في مجال الكيمياء الجنائية، مما يسهم في تطوير أساليب الكشف والتحليل الجنائي بشكل كبير.

## 9-30 تطوير أدوات الكشف والتشخيص في الكيمياء الجنائية باستخدام الذكاء الاصطناعي

تُعتبر أدوات الكشف والتشخيص في الكيمياء الجنائية حجر الزاوية في تحديد طبيعة الأدلة وتفسيرها. مع تطور تقنيات الذكاء الاصطناعي، أصبح من الممكن تطوير أدوات أكثر دقة وفعالية تعتمد على تحليل البيانات الذكي، مما ساعد في تحسين سرعة ودقة التشخيص وتقليل الأخطاء البشرية.

### 9-30-1 الأدوات التقليدية للكشف والتشخيص

- ✧ أجهزة التحليل الطيفي(FTIR, NMR, Mass Spectrometry)
- ✧ التحليل الكيميائي اليدوي والمعاينة الميكروسكوبية
- ✧ القياسات الفيزيائية والكيميائية التقليدية

### 9-30-2 دمج الذكاء الاصطناعي مع أدوات الكشف

- ❖ **تحسين جودة البيانات وتنقيتها**

- ✧ استخدام خوارزميات الذكاء الاصطناعي للتخلص من التشويش والضوضاء في بيانات الطيف.
- ✧ تقنيات تصحيح الانحرافات وتحسين دقة القياسات.

- ❖ **تحليل البيانات الطيفية باستخدام الشبكات العصبية**

- ✧ تدريب نماذج CNN و RNNللتعرف التلقائي على المركبات الكيميائية في العينات.
- ✧ نماذج قادرة على التعامل مع بيانات متعددة الأبعاد لتحديد المكونات بدقة عالية.

❖ **الكشف المبكر والتنبيه التلقائي**

✧ تطوير أنظمة تنبيه ذكية تكشف وجود مواد متفجرة أو مواد مشبوهة في العينات.
✧ التكامل مع أنظمة التحكم الأمنية لإصدار تنبيهات فورية.

### 9-30-3 أدوات التشخيص القائمة على الذكاء الاصطناعي

✧ أنظمة تحليل الطيف المتقدمة المدعومة بتعلم عميق.
✧ أجهزة محمولة ذكية مزودة بتقنيات AI لتحليل العينات ميدانيًا.
✧ برمجيات تحليل متكاملة تجمع بين بيانات الطيف والنصوص والتقارير لتوفير تشخيص شامل.

### 9-30-4 التحديات والفرص

✧ الحاجة لبيانات تدريب ضخمة ومتنوعة لضمان دقة النماذج.
✧ التحديات التقنية في التكامل مع الأجهزة التقليدية.
✧ فرص تحسين الأمان وتقليل الوقت اللازم لتحليل الأدلة.
✧ إمكانية تطوير أدوات ذات تكلفة أقل تصلح للاستخدام في دول ذات موارد محدودة.

يُعد دمج الذكاء الاصطناعي مع أدوات الكشف والتشخيص في الكيمياء الجنائية نقلة نوعية تساهم في تعزيز كفاءة ودقة التحقيقات الجنائية، وتفتح آفاقًا جديدة للابتكار في هذا المجال الحيوي.

## 9-31 الذكاء الاصطناعي وتحديات المستقبل في الكيمياء الجنائية

مع توسع استخدام الذكاء الاصطناعي في الكيمياء الجنائية، تظهر العديد من التحديات التي يجب مواجهتها لتحقيق أقصى استفادة من هذه التكنولوجيا، إلى جانب فرص كبيرة لتطوير أنظمة أكثر ذكاءً وكفاءةً.

### 9-31-1 التحديات التقنية

❖ **نقص البيانات عالية الجودة:**

✧ صعوبة جمع بيانات كيميائية جنائية متنوعة وكافية لتدريب نماذج الذكاء الاصطناعي.

❖ **التعامل مع البيانات غير المنظمة:**

- ✧ وجود بيانات معقدة ومتناثرة من تقارير نصية، صور، وسجلات تحليلية تحتاج لتوحيد وتحليل متعدد الأبعاد.

- ❖ **قابلية التفسير:**

  - ✧ ضرورة تطوير نماذج يمكن تفسير قراراتها لزيادة ثقة المحققين والمحاكم.

### 9-31-2 التحديات القانونية والأخلاقية

- ✧ حماية خصوصية البيانات وتحقيق الشفافية.
- ✧ التأكد من أن أنظمة الذكاء الاصطناعي لا تسبب تحيزًا ضد أي فئة.
- ✧ ضمان قبول نتائج التحليل في المحاكم بناءً على معايير موثوقة.

### 9-31-3 فرص المستقبل

- ❖ **التكامل مع إنترنت الأشياء:(IoT)**

  - ✧ استخدام أجهزة استشعار ذكية مرتبطة بشبكة لتحليل ميداني مستمر ومتزامن.

- ❖ **تحليل البيانات الكبيرة:(Big Data)**

  - ✧ توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي لتحليل كم هائل من البيانات الجنائية وربط الأدلة بطرق غير تقليدية.

- ❖ **الروبوتات الذكية والأنظمة الذاتية:**

  - ✧ تطوير روبوتات قادرة على اتخاذ قرارات فورية في مسرح الجريمة وتحليل الأدلة مباشرة

رغم التحديات، يبقى الذكاء الاصطناعي أداة قوية لتحويل الكيمياء الجنائية إلى مجال أكثر دقة وفعالية، ويحتاج الأمر إلى تطوير متواصل ومستدام يوازن بين التكنولوجيا، القوانين، والأخلاقيات

## 9-31-4 استخدام التعلم العميق في التعرف على المركبات الكيميائية وتحليلها

التعلم العميق يعد من أهم تقنيات الذكاء الاصطناعي التي أحدثت ثورة في تحليل البيانات المعقدة، خاصة في الكيمياء الجنائية حيث تتطلب العينات تحليلاً دقيقاً للمركبات الكيميائية المتنوعة.

❖ **مبادئ التعلم العميق في الكيمياء الجنائية**

✧ استخدام الشبكات العصبية متعددة الطبقات لتحليل البيانات الطيفية والكروماتوغرافية.
✧ القدرة على استخراج ميزات غير مرئية في البيانات الخام.
✧ تحسين دقة التصنيف والتعرف على المركبات الجديدة أو المخلوطة.

❖ **تطبيقات عملية**

- **تحليل طيف الكتلة:(Mass Spectrometry)**

✧ نماذج عميقة للتعرف على أنماط الطيف وتحديد المركبات حتى في العينات المختلطة والمعقدة.

- **تحليل مطيافية الأشعة تحت الحمراء:(IR)**

✧ تمييز المركبات العضوية والغير عضوية بدقة عالية.

- **التعرف على المركبات المشبوهة في الأدلة الجنائية:**

✧ نماذج تدريبت على بيانات ضخمة للكشف عن المركبات غير المصرح بها أو المحظورة.

❖ **التحديات والحلول**

✧ الحاجة إلى بيانات تدريب كبيرة ومتنوعة.
✧ التعامل مع العينات المشوشة أو التالفة.
✧ استخدام تقنيات تعزيز التعلم (Transfer Learning) للتغلب على نقص البيانات.

يوفر التعلم العميق إمكانيات غير مسبوقة لتحليل المركبات الكيميائية في الكيمياء الجنائية، مع تحسن مستمر في الدقة والسرعة، مما يسهل عمل الخبراء ويعزز الموثوقية.

## 9-31-5 دور الذكاء الاصطناعي في التنبؤ بأنماط الجرائم الكيميائية والوقاية منها

تُعد الجرائم الكيميائية، سواء استخدام المواد المتفجرة أو الكمائن الخداعية، من أكثر أنواع الجرائم تعقيدًا وتحديًا للأجهزة الأمنية. مع تطور الذكاء الاصطناعي، ظهرت أدوات تحليل وتنبؤ متقدمة تساعد في الوقاية وتقليل الأضرار الناتجة عن هذه الجرائم.

❖ **تحليل البيانات الضخمة للجرائم الكيميائية**

✧ تجميع البيانات من مصادر متعددة: تقارير الشرطة، سجلات المحاكم، بيانات الطيف والتحليل الكيميائي.
✧ استخدام تقنيات التنقيب عن البيانات (Data Mining) لاستخراج الأنماط المتكررة في الجرائم الكيميائية

❖ **نماذج التنبؤ باستخدام الذكاء الاصطناعي**

- **التعلم الآلي:(Machine Learning)**

✧ خوارزميات تصنيف مثل SVM و Random Forestلتحليل خصائص الجرائم وتحديد عوامل الخطر.

- **الشبكات العصبية العميقة:**

✧ التنبؤ بالأماكن المحتملة لوقوع الجرائم الكيميائية بناءً على بيانات تاريخية.

- **نماذج السلاسل الزمنية:**

✧ التنبؤ بفترات زيادة نشاط الجرائم الكيميائية بناءً على الاتجاهات السابقة.

❖ **تطبيقات عملية**

✧ أنظمة إنذار مبكر مدمجة مع المراقبة الأمنية لتحديد المناطق عالية الخطورة.
✧ تحليل سلوك المشتبه بهم بناءً على البيانات الكيميائية وسلوكياتهم السابقة.
✧ دعم اتخاذ القرارات في تخصيص الموارد الأمنية بشكل أكثر كفاءة

## 9-31-6 الوقاية باستخدام الذكاء الاصطناعي

- تصميم استراتيجيات أمنية تعتمد على تحليل البيانات والتنبؤات.
- تطوير أدوات كشف متقدمة تدمج التنبؤات مع الرصد الحي.
- تعزيز التعاون بين الأجهزة الأمنية والمختبرات الجنائية من خلال منصات ذكية.

### 9-31-7 التحديات والفرص

✧ تحديات دقة التنبؤ بسبب عدم اكتمال البيانات.
✧ ضرورة تحديث النماذج بانتظام لمواكبة التطورات في أساليب الجرائم.

✧ فرص توسيع نطاق استخدام الذكاء الاصطناعي ليشمل جرائم كيميائية جديدة ومتطورة.

يعتبر الذكاء الاصطناعي أداة حيوية في مجال التنبؤ بالجرائم الكيميائية والوقاية منها، مما يسهم في تقليل المخاطر وحماية المجتمع بشكل أفضل

## 9-32 تطبيقات الذكاء الاصطناعي في تحليل الصور والفيديو لمسارح الجرائم الكيميائية

تعد الصور والفيديوهات من أهم مصادر الأدلة في مسارح الجرائم الكيميائية. ومع تعقيد الأدلة وكثافة البيانات، تبرز أهمية الذكاء الاصطناعي في تحليل هذه المواد بسرعة ودقة، مما يعزز قدرة المحققين على فهم المشهد الجنائي بشكل أفضل.

### 9-32-1 التحديات في تحليل الصور والفيديوهات لمسارح الجرائم الكيميائية

✧ تنوع وتعدد مصادر البيانات (كاميرات مراقبة، صور من مسرح الجريمة، فيديوهات هاتفية).
✧ وجود تشويش أو ضبابية في الصور.
✧ الحاجة إلى التعرف على تفاصيل دقيقة مثل آثار المواد الكيميائية أو الأجسام المشبوهة.

❖ **تقنيات الذكاء الاصطناعي المستخدمة**

- **الرؤية الحاسوبية:(Computer Vision)**

✧ تقنيات الكشف عن الأجسام (Object Detection) لتحديد المتفجرات أو الأدوات الكيميائية.
✧ التعرف على الأنماط (Pattern Recognition) لتحديد آثار المواد الكيميائية.

- **التعلم العميق:(Deep Learning)**

- ✧ استخدام شبكات CNN لتحليل الصور وتحديد السمات الخاصة بمسرح الجريمة.
- ✧ شبكات LSTM لتحليل الفيديوهات وفهم تسلسل الأحداث.

- **المعالجة المسبقة للصور:**

  - ✧ تحسين جودة الصور والفيديو باستخدام تقنيات إزالة الضوضاء وتحسين التباين.

❖ **التطبيقات العملية**

- ✧ تحليل صور كاميرات المراقبة للكشف المبكر عن تحركات مشتبه بهم في مناطق حساسة.
- ✧ التعرف على البقع والآثار الكيميائية التي قد تشير إلى وجود مواد متفجرة.
- ✧ تتبع تسلسل الأحداث في الفيديوهات لتحديد توقيت وقوع الجرائم.

❖ **التحديات والفرص المستقبلية**

- ✧ تطوير نماذج أكثر قدرة على التعامل مع بيئات معقدة ومتغيرة.
- ✧ دمج تقنيات الذكاء الاصطناعي مع أجهزة الاستشعار البيئية لجمع بيانات دقيقة.
- ✧ فرص تحسين دقة الكشف وتقليل الأخطاء في الظروف الواقعية.

يمثل تحليل الصور والفيديوهات باستخدام الذكاء الاصطناعي ثورة في التحقيقات الجنائية الكيميائية، مما يوفر أدوات قوية لدعم اتخاذ القرار وتحليل الأدلة بفعالية أكبر..

# الـــــــــفصل العاشـــــــــر

# أتمتة عمليات المختبرات الجنائية باستخدام الذكاء الاصطناعي

## 10 المختبرات الجنائية

تلعب المختبرات الجنائية دوراً حاسماً في فحص وتحليل الأدلة الكيميائية، وتُعتبر الأتمتة باستخدام الذكاء الاصطناعي خطوة مهمة نحو تحسين سرعة ودقة الفحوصات، وتقليل الأخطاء البشرية، مما يساهم في تعزيز فعالية التحقيقات.

### 10-1 أتمتة التحاليل الكيميائية

- ✧ تطوير أنظمة روبوتية لأداء الفحوصات الروتينية بدقة متناهية.
- ✧ استخدام خوارزميات الذكاء الاصطناعي لتحليل نتائج الفحوصات الكيميائية بشكل تلقائي.
- ✧ تقليل الوقت اللازم لإتمام التحاليل المعقدة

### 10-2 الذكاء الاصطناعي في إدارة البيانات المختبرية

- ✧ نظم إدارة البيانات الذكية لتوثيق وتحليل نتائج الفحوصات.
- ✧ استخراج الأنماط والتقارير من البيانات بشكل تلقائي.
- ✧ التكامل مع أنظمة الإنذار المبكر للكشف عن المواد الخطرة.

### 10-3 تقنيات التعلم الآلي في تحسين دقة الفحوصات

- ✧ استخدام نماذج تعلم الآلة لتصنيف المواد الكيميائية بناءً على البيانات الطيفية.
- ✧ تحسين الكشف عن المواد المتفجرة أو السامة في العينات المعقدة.

### 10-4 التحديات والمستقبل

- ✧ الحاجة إلى تدريب الموظفين على استخدام الأنظمة الجديدة.
- ✧ ضرورة ضمان سلامة وأمن البيانات المخزنة.
- ✧ الفرص في توسيع الأتمتة لتشمل مراحل أخرى من التحقيق الجنائي.

تمثل أتمتة المختبرات الجنائية باستخدام الذكاء الاصطناعي مستقبل الكيمياء الجنائية، حيث تعزز الكفاءة والدقة وتسرع من وتيرة التحقيقات مع تقليل الخطأ البشري.

## 10-5 دور الذكاء الاصطناعي في تحسين تقنيات الكشف الميداني للمواد المتفجرة

تُعد عمليات الكشف الميداني للمواد المتفجرة من أكثر المهام حساسية وخطورة في مجال الأمن الجنائي. ساهم الذكاء الاصطناعي في تطوير تقنيات ذكية توفر دقة أعلى وسرعة في الكشف، مما يعزز حماية الأرواح والممتلكات.

### 10-5-1 التقنيات التقليدية في الكشف الميداني

- ✧ أجهزة الكشف الكيميائي المحمولة.
- ✧ التحليل الطيفي الميداني.
- ✧ الكلاب المدربة على الكشف.

### 10-5-2 دمج الذكاء الاصطناعي مع أجهزة الكشف

- ✧ استخدام نماذج التعلم العميق لتحليل إشارات أجهزة الاستشعار في الوقت الحقيقي.
- ✧ أنظمة استشعار ذكية تجمع بيانات متعددة الأبعاد (كيميائية، فيزيائية، بيئية).
- ✧ تحليل البيانات المجمعة بسرعة لاتخاذ قرارات فورية.

❖ **تطبيقات عملية**

- ✧ أجهزة محمولة ذكية مزودة بخوارزميات AI للكشف عن المواد المتفجرة حتى بكميات ضئيلة.
- ✧ أنظمة مراقبة مستمرة في المناطق الحساسة مثل المطارات والموانئ.
- ✧ دمج الذكاء الاصطناعي مع الروبوتات للكشف الآمن في مواقع الخطر.

❖ **التحديات والفرص**

- ✧ التعامل مع الإشارات الزائفة وتقليل معدلات الإنذارات الخاطئة.
- ✧ تطوير نماذج قادرة على التكيف مع بيئات مختلفة ومتغيرة.
- ✧ فرص توسيع استخدام الذكاء الاصطناعي في الكشف عن مواد متفجرة جديدة ومبتكرة.

يعزز الذكاء الاصطناعي بشكل ملحوظ كفاءة وفعالية الكشف الميداني للمواد المتفجرة، مما يساهم في تحسين استراتيجيات الأمن والوقاية من الجرائم الخطيرة.

## 10-6 تطبيقات الذكاء الاصطناعي في كشف وتحليل الكمائن الخداعية

تُعتبر الكمائن الخداعية من الأساليب المعقدة التي يستخدمها المجرمون لإخفاء نواياهم وتنفيذ جرائمهم، وغالبًا ما تتضمن خدعًا بصرية أو كيميائية تهدف إلى تضليل الأجهزة الأمنية. يساهم الذكاء الاصطناعي في تحسين كشف هذه الكمائن من خلال تحليل البيانات المتعددة الأبعاد واكتشاف الأنماط غير الواضحة للعين البشرية.

### 10-6-1 آليات الكمائن الخداعية

- ✧ استخدام مواد تبدو غير ضارة لكنها تحمل مواد متفجرة أو سامة.
- ✧ ترتيب المكان بطريقة تخفي الأدلة الحقيقية.
- ✧ استخدام تقنيات التمويه البصرية والمواد المتغيرة الشكل.

### 10-6-2 تقنيات الذكاء الاصطناعي في الكشف

- **تحليل البيانات متعددة المصادر:**
  - ✧ دمج البيانات الكيميائية، البصرية، والسمعية لتحليل شامل.
- **الرؤية الحاسوبية:**
  - ✧ الكشف عن التناقضات البصرية في الصور والفيديوهات لمسارح الجرائم.
- **التعلم الآلي:**
  - ✧ نماذج قادرة على التعرف على الأنماط غير المعتادة والتي تدل على وجود كمائن.

### 10-6-3 التطبيقات العملية

- ✧ أنظمة مراقبة ذكية في الأماكن العامة تكشف الكمائن قبل تنفيذها.
- ✧ تحليل مشاهد الجريمة لإعادة بناء الوقائع والكشف عن الخدع.
- ✧ دعم المحققين ببيانات دقيقة تساعد في اتخاذ القرارات السريعة.

### 10-6-4 التحديات والفرص

- ✧ صعوبة التمييز بين الكمائن الحقيقية والأنماط الطبيعية في البيئة.
- ✧ الحاجة إلى تدريب مستمر للنماذج لتواكب أساليب التمويه الجديدة.
- ✧ فرص تطوير أجهزة استشعار أكثر دقة بالتكامل مع الذكاء الاصطناعي.

يساعد الذكاء الاصطناعي بشكل كبير في كشف الكمائن الخداعية وتحليلها، مما يعزز من قدرة الأجهزة الأمنية على الوقاية والتعامل مع الجرائم المعقدة بفعالية أكبر.

## 10-7 دور الذكاء الاصطناعي في تحليل الأدلة الكيميائية المتبقية بعد التفجيرات

تُعد الأدلة الكيميائية المتبقية بعد التفجيرات من أهم مصادر المعلومات لفهم طبيعة الجريمة، نوع المادة المتفجرة، وطريقة التفجير. يساعد الذكاء الاصطناعي في تحسين دقة وسرعة تحليل هذه الأدلة المعقدة والمتنوعة، مما يسهم في تعزيز التحقيقات الجنائية.

### 10-7-1 خصائص الأدلة الكيميائية بعد التفجيرات

- ✧ تشمل شظايا المواد المتفجرة، بقايا المتفجرات، ومخلفات التفاعلات الكيميائية.
- ✧ عادةً ما تكون الأدلة مختلطة وملوثة بسبب قوة الانفجار والتأثيرات البيئية.
- ✧ تتطلب تحاليل دقيقة لفصل المكونات وتحديد نوع المتفجر المستخدم.

### 10-7-2 تقنيات الذكاء الاصطناعي المستخدمة

- **التعلم الآلي لتحليل الطيف:**
  - ✧ نماذج تصنيف متقدمة لتحليل بيانات الطيف الكتلي، الأشعة تحت الحمراء، والرنين المغناطيسي النووي.
- **التعلم العميق:**
  - ✧ شبكات عصبية قادرة على التعرف على الأنماط الكيميائية حتى في العينات المشوشة.
- **التعلم المعزز:**
  - ✧ تحسين عمليات الفحص والتصنيف بالتغذية الراجعة المستمرة من الخبراء

### 10-7-3 التطبيقات العملية

- ✧ التمييز بين أنواع المتفجرات المستخدمة (عضوية، غير عضوية، خليط).
- ✧ التعرف على مواد التدمير المستخدمة في الكمائن الخداعية.
- ✧ ربط الأدلة الكيميائية بمواقع التفجير لتحليل سيناريوهات الحادث.

### 10-7-4 التحديات والفرص

- ✧ التعامل مع التلوث البيئي والتداخل الكيميائي.
- ✧ الحاجة إلى تطوير نماذج أكثر مرونة لتشمل أنواعًا جديدة من المتفجرات.
- ✧ فرص دمج الذكاء الاصطناعي مع الأجهزة التحليلية الميدانية لتحليل سريع ودقيق.

يساهم الذكاء الاصطناعي في رفع مستوى دقة وفعالية تحليل الأدلة الكيميائية بعد التفجيرات، مما يدعم جهود الكشف والتحقيق، ويساعد في تقديم نتائج موثوقة للجهات المختصة.

## 10-8 الذكاء الاصطناعي في التنبؤ بالجرائم الكيميائية المستقبلية والوقاية منها

في ظل تزايد التعقيد والتطور في أساليب الجرائم الكيميائية، أصبح من الضروري الاعتماد على تقنيات الذكاء الاصطناعي للتنبؤ بهذه الجرائم قبل وقوعها، مما يتيح اتخاذ إجراءات وقائية فعالة تقلل من المخاطر على المجتمع.

### 10-8-1 مصادر البيانات المتاحة

- ✧ سجلات الجرائم السابقة.
- ✧ البيانات البيئية والميدانية.
- ✧ معلومات استخباراتية وتقارير أمنية.
- ✧ بيانات وسائل التواصل الاجتماعي والتنقيب عن البيانات.

### 10-8-2 تقنيات الذكاء الاصطناعي في التنبأ

- **التعلم الآلي:**

  - ✧ نماذج التصنيف والتجميع لتحديد مناطق الخطر المحتملة.

- **تحليل السلاسل الزمنية:**

  ✧ التنبؤ بتوقيتات محتملة لوقوع جرائم بناءً على أنماط تاريخية.

- **التعلم العميق:**

  ✧ استنتاج الأنماط المعقدة في البيانات غير المهيكلة لتعزيز التنبؤات

### 10-8-3 التطبيقات العملية

✧ أنظمة إنذار مبكر تعتمد على تحليل البيانات في الوقت الحقيقي.
✧ تخصيص الموارد الأمنية بشكل ديناميكي بناءً على التنبؤات.
✧ تطوير استراتيجيات أمنية موجهة لتقليل فرص تنفيذ الجرائم الكيميائية

### 10-8-4 التحديات والفرص

✧ صعوبة جمع بيانات كافية وذات جودة عالية.
✧ مواجهة التغيرات المفاجئة في أساليب المجرمين.
✧ الفرصة في تحسين نماذج التنبؤ باستمرار مع تطور البيانات والتقنيات

يعد الذكاء الاصطناعي أداة قوية للتنبؤ بالجرائم الكيميائية المستقبلية، مما يساعد الأجهزة الأمنية على التخطيط المسبق وتنفيذ استراتيجيات وقائية فعالة.

## 10-9 دمج الذكاء الاصطناعي مع تقنيات الواقع الافتراضي والواقع المعزز في تدريب فرق الكشف والتعامل مع المواد المتفجرة

تعد سلامة فرق الكشف والتعامل مع المواد المتفجرة من الأولويات القصوى، ويعتبر تدريب هؤلاء الفرق باستخدام تقنيات الواقع الافتراضي (VR) والواقع المعزز (AR) المدعومة بالذكاء الاصطناعي من أحدث الطرق التي توفر بيئة آمنة وواقعية لتعزيز مهاراتهم وكفاءتهم.

### 10-9-1 أهمية التدريب باستخدام VR وAR

- ✧ توفير بيئة محاكاة واقعية تسمح بالتدريب على سيناريوهات متعددة دون خطر.
- ✧ إمكانية تكرار التمرينات وتقييم الأداء بشكل دقيق.
- ✧ تخفيض التكاليف مقارنة بالتدريب الميداني الفعلي.

### 10-9-2 دور الذكاء الاصطناعي في تحسين التدريب

❖ **تخصيص السيناريوهات التدريبية:**

✧ نماذج AI تقوم بتعديل مستوى الصعوبة بناءً على أداء المتدرب.

❖ **التغذية الراجعة الفورية:**

✧ أنظمة ذكية تقدم ملاحظات فورية وتحليل مفصل لأداء المتدرب.

❖ **محاكاة ذكية:**

✧ توليد سيناريوهات معقدة تحاكي الكمائن الخداعية والمواد المتفجرة غير التقليدية.

### 10-9-3 التطبيقات العملية

- ✧ تطوير بيئات تدريب افتراضية تحاكي مسارح الجرائم الحقيقية.
- ✧ تدريب فرق الشرطة والأمن على التعامل مع المواقف الخطرة باستخدام معدات محاكاة.
- ✧ تقييم مستوى الجاهزية واتخاذ القرارات تحت الضغط.

### 10-9-4 التحديات والفرص

- الحاجة إلى تطوير محتوى تدريبي دقيق وواقعي.
- متطلبات الأجهزة والبرمجيات المتقدمة.
- فرص دمج المزيد من تقنيات الذكاء الاصطناعي لتحسين التفاعل والتعلم

يمثل دمج الذكاء الاصطناعي مع تقنيات الواقع الافتراضي والمعزز نقلة نوعية في تدريب فرق الكشف على المواد المتفجرة، مما يعزز الكفاءة والسلامة ويقلل من المخاطر خلال العمليات الحقيقية.

## 10-10 الذكاء الاصطناعي في مراقبة وتأمين المنشآت الحيوية من الجرائم المتعلقة بالمواد المتفجرة

تُعتبر المنشآت الحيوية مثل المطارات، المحطات النووية، والموانئ أهدافًا رئيسية للجرائم المتعلقة بالمواد المتفجرة. يساهم الذكاء الاصطناعي بشكل فعال في مراقبة هذه المواقع وتعزيز إجراءات الأمن لمنع وقوع الكوارث.

### 10-10-1 أنظمة المراقبة الذكية

- ✧ كاميرات مراقبة مزودة بتحليل فيديو ذكي للكشف عن سلوكيات مريبة.
- ✧ أجهزة استشعار متقدمة متصلة بأنظمة ذكاء اصطناعي لتحليل البيانات في الوقت الحقيقي.
- ✧ دمج البيانات من مصادر متعددة لإنشاء صورة أمنية شاملة.

### 10-10-2 تطبيقات الذكاء الاصطناعي في التأمين

- ✧ الكشف التلقائي عن المواد المتفجرة أو الأدوات المشبوهة.
- ✧ التنبؤ بالتهديدات بناءً على سلوكيات الأفراد والبيانات التاريخية.
- ✧ أنظمة الإنذار المبكر والتوجيه الفوري لقوات الأمن.

### 10-10-3 حالات استخدام ناجحة

- ✧ استخدام AI في مراقبة المطارات للكشف عن حقائب تحتوي على مواد متفجرة.
- ✧ تحليل سلوكيات المشبوهين في المنشآت الحساسة.
- ✧ أنظمة روبوتية متحركة لفحص المناطق الصعبة أو الخطرة.

### 10-10-4 التحديات والفرص

- ✧ ضرورة حماية خصوصية الأفراد مع ضمان الأمن.
- ✧ مواجهة محاولات التحايل على الأنظمة الذكية.
- ✧ فرص تحسين التكامل بين الأنظمة الأمنية المختلفة

يعد الذكاء الاصطناعي أداة أساسية في تعزيز أمن المنشآت الحيوية ضد الجرائم المتعلقة بالمواد المتفجرة، مما يسهم في حماية الأرواح والممتلكات وتقليل المخاطر الأمنية.

## 10-11 الذكاء الاصطناعي في تحليل البيانات الاستخباراتية المتعلقة بالمواد المتفجرة

تلعب البيانات الاستخباراتية دورًا حاسمًا في الكشف عن الجرائم المتعلقة بالمواد المتفجرة ومنعها. يعتمد الذكاء الاصطناعي على تحليل هذه البيانات المعقدة والمتنوعة لاستخلاص معلومات دقيقة تدعم اتخاذ القرارات الأمنية الفعالة.

### 10-11-1 مصادر البيانات الاستخباراتية

- ✧ تقارير الشرطة والأمن.
- ✧ البيانات المفتوحة من وسائل التواصل الاجتماعي.
- ✧ معلومات الأقمار الصناعية والمراقبة.
- ✧ البيانات السرية من الوكالات الأمنية.

### 10-11-2 تقنيات الذكاء الاصطناعي المستخدمة

- **التنقيب عن البيانات:(Data Mining)**
  - ✧ استخراج الأنماط والعلاقات الخفية بين الأحداث.
- **معالجة اللغة الطبيعية:(NLP)**
  - ✧ تحليل النصوص وتقارير الاستخبارات لفهم السياق والمضمون.
- **التعلم الآلي:**
  - ✧ تصنيف التهديدات وتوقع تحركات المجرمين.
- **تحليل الشبكات الاجتماعية:**
  - ✧ الكشف عن العلاقات بين أفراد أو مجموعات متورطة

### 10-11-3 التطبيقات العملية

- ✧ رصد تحركات شبكات تهريب المواد المتفجرة.
- ✧ توقع وقوع عمليات إرهابية أو جرائم كيميائية.
- ✧ دعم أجهزة الأمن في توجيه التحريات بشكل أكثر دقة.

### 10-11-4 التحديات والفرص

- ✧ التعامل مع كمية هائلة من البيانات غير المنظمة.
- ✧ حماية البيانات الحساسة والحفاظ على الخصوصية.
- ✧ فرص دمج تقنيات الذكاء الاصطناعي مع أنظمة تحليل متقدمة لتحسين الدقة.

يساهم الذكاء الاصطناعي بشكل كبير في تعزيز فعالية تحليل البيانات الاستخباراتية المتعلقة بالمواد المتفجرة، مما يدعم استراتيجيات الوقاية والكشف المبكر عن التهديدات.

## 10-12 الذكاء الاصطناعي في إعادة بناء مسارح الجرائم المتعلقة بالمواد المتفجرة

تُعد إعادة بناء مسرح الجريمة خطوة حاسمة لفهم آلية وقوع التفجير، تحديد المسؤولين، والتخطيط للوقاية المستقبلية. يتيح الذكاء الاصطناعي تحسين هذه العملية من خلال تحليل البيانات المتعددة المصادر ونمذجة الأحداث بدقة عالية.

### 10-12-1 مكونات إعادة البناء

- ✧ جمع الأدلة الفيزيائية والكيميائية.
- ✧ تسجيل وتحليل البيانات المرئية والصوتية.
- ✧ النمذجة ثلاثية الأبعاد لمسرح الجريمة.

### 10-12-2 تقنيات الذكاء الاصطناعي المستخدمة

- **الرؤية الحاسوبية:**
  - ✧ تحليل الصور والفيديوهات لإعادة بناء المشهد.
- **التعلم العميق:**

✧ نمذجة الأحداث وتحليل تتابع التفجير.

- **التحليل الزمني والمكاني:**

✧ دمج بيانات التوقيت والمكان لتوضيح سير الأحداث.

### 10-12-3 التطبيقات العملية

✧ خلق نموذج ثلاثي الأبعاد يمكن استعراضه من زوايا متعددة.
✧ دعم المحققين في فهم تفاصيل الانفجار وأسبابه.
✧ تسهيل عرض الأدلة أمام المحاكم بطريقة بصرية واضحة.

### 10-12-4 التحديات والفرص

✧ نقص البيانات الدقيقة بسبب دمار موقع الجريمة.
✧ الحاجة إلى دمج تقنيات متعددة للحصول على نتائج متكاملة.
✧ فرص تحسين الدقة باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي المتقدمة.

تمثل تقنيات الذكاء الاصطناعي نقلة نوعية في إعادة بناء مسارح الجرائم المتعلقة بالمواد المتفجرة، مما يعزز من قدرة التحقيقات على كشف الحقائق وتقديم أدلة دقيقة.

## 10-13 الذكاء الاصطناعي في تحليل السلوك الإجرامي للمشتبه بهم في جرائم المواد المتفجرة

تحليل السلوك الإجرامي للمشتبه بهم يلعب دورًا محوريًا في فهم دوافعهم، توقع تحركاتهم، وتوجيه التحقيقات بشكل أكثر فعالية. يُستخدم الذكاء الاصطناعي لتطوير نماذج دقيقة لتحليل السلوك بناءً على بيانات متعددة المصدر.

### 10-13-1 مصادر بيانات السلوك الإجرامي

✧ مقاطع الفيديو والمراقبة.
✧ سجلات الاتصالات والتفاعلات الرقمية.
✧ تقارير المراقبة والمقابلات.
✧ بيانات وسائل التواصل الاجتماعي.

### 10-13-2 تقنيات الذكاء الاصطناعي المستخدمة

- **التعرف على الأنماط:**
  - ✧ استخدام الشبكات العصبية لتحليل الأنماط السلوكية المتكررة.
- **تحليل المشاعر:**
  - ✧ معالجة اللغة الطبيعية لفهم التعبيرات اللفظية وغير اللفظية.
- **نمذجة السلوك:**
  - ✧ نماذج تعلم عميق تتوقع سلوك المشتبه به بناءً على بيانات سابقة

### 10-13-3 التطبيقات العملية

- ✧ الكشف المبكر عن نوايا تنفيذ جرائم متعلقة بالمواد المتفجرة.
- ✧ دعم قرارات الاعتقال والتحقيقات.
- ✧ توجيه استراتيجيات التفاوض والإفلات.

### 10-13-4 التحديات والفرص

- ✧ حساسية البيانات الشخصية وخصوصية الأفراد.
- ✧ تعقيد السلوك البشري وصعوبة التنبؤ الكامل.
- ✧ فرص دمج الذكاء الاصطناعي مع خبرات المحللين البشريين لتحسين النتائج.

يساهم الذكاء الاصطناعي بشكل متزايد في تطوير أدوات تحليل السلوك الإجرامي، مما يعزز من كفاءة التحقيقات والوقاية من جرائم المواد المتفجرة.

## 10-14 الذكاء الاصطناعي في تحسين أساليب الكشف الميداني عن المواد المتفجرة

يُعد الكشف الميداني عن المواد المتفجرة من المهام الحرجة التي تتطلب دقة عالية وسرعة استجابة لمنع وقوع الحوادث. يساهم الذكاء الاصطناعي في تطوير أدوات وأساليب متقدمة تعزز من كفاءة وفعالية عمليات الكشف

### 10-14-1 الأدوات والتقنيات التقليدية

- ✧ أجهزة الكشف اليدوية.
- ✧ أجهزة الكشف بالأشعة السينية.
- ✧ الكلاب المدربة للكشف عن المتفجرات.

### 10-14-2 تقنيات الذكاء الاصطناعي المستخدمة

- **التعلم الآلي:**
  - ✧ تحليل إشارات أجهزة الكشف لتعزيز دقة التمييز بين المواد.
- **الرؤية الحاسوبية:**
  - ✧ استخدام كاميرات ذكية للتعرف على المواد المشبوهة أو غير الاعتيادية.
- **الروبوتات الذكية:**
  - ✧ نشر روبوتات مجهزة بأنظمة ذكاء اصطناعي لاستكشاف المناطق الخطرة.

### 10-14-3 التطبيقات العملية

- ✧ أنظمة كشف متكاملة تعتمد على الذكاء الاصطناعي لتحليل البيانات في الوقت الحقيقي.
- ✧ تقليل الأخطاء البشرية وزيادة معدلات الكشف الصحيحة.
- ✧ تسهيل عمليات التفتيش في المناطق واسعة الانتشار أو الصعبة الوصول.

### 10-14-4 التحديات والفرص

- ✧ التكلفة العالية لتطوير ونشر التقنيات الحديثة.
- ✧ الحاجة لتدريب الكوادر البشرية على استخدام هذه الأنظمة.
- ✧ فرص دمج الذكاء الاصطناعي مع تكنولوجيا الاستشعار المتقدمة لتحسين الأداء.

يشكل الذكاء الاصطناعي نقلة نوعية في تحسين أساليب الكشف الميداني عن المواد المتفجرة، مما يعزز من قدرة فرق الأمن على الاستجابة السريعة وتقليل المخاطر.

## 10-15 مستقبل الذكاء الاصطناعي في مجال مكافحة المواد المتفجرة والكمائن الخداعية

يشهد مجال مكافحة المواد المتفجرة والكمائن الخداعية تطورات متسارعة مدفوعة بالتقدم الكبير في تقنيات الذكاء الاصطناعي. يفتح المستقبل آفاقًا واسعة لتحسين الكفاءة وتقليل المخاطر، مع تحديات جديدة تستوجب الاستعداد لها.

## 10-15 الاتجاهات المستقبلية في الذكاء الاصطناعي

- **التعلم العميق والتعلم المستمر:**
  - أنظمة تتعلم من كل حادثة جديدة لتحسين أدائها باستمرار.
- **الذكاء الاصطناعي التفسيرية:(Explainable AI)**
  - تطوير نماذج تقدم تفسيرات واضحة للقرارات الأمنية.
- **دمج الذكاء الاصطناعي مع إنترنت الأشياء:(IoT)**
  - ربط أجهزة الاستشعار وأنظمة المراقبة لتعزيز التكامل والرد السريع.

### 10-15-1 تقنيات ناشئة ومبتكرة

- **الروبوتات الذاتية القيادة:**
  - استخدام روبوتات متقدمة لفحص مناطق التفجير بأمان.
- **تحليل البيانات الضخمة:(Big Data Analytics)**
  - استغلال كم هائل من البيانات لتحليل الاتجاهات والتهديدات.
- **الذكاء الاصطناعي التعاوني:**
  - أنظمة AI تتعاون مع البشر في اتخاذ القرارات الأمنية

### 10-15-2 التحديات المستقبلية

❖ **الأمن السيبراني:**

✧ حماية أنظمة الذكاء الاصطناعي من الاختراق والتلاعب.

❖ **الأخلاقيات والخصوصية:**

✧ ضمان احترام الحقوق أثناء استخدام تقنيات المراقبة والتحليل.

❖ **التكيف مع التهديدات الجديدة:**

✧ تطوير حلول سريعة وفعالة لمواجهة تقنيات التخفي والتضليل الحديثة.

## 3-1510 التوصيات

✧ الاستثمار في البحث والتطوير لتحديث تقنيات الذكاء الاصطناعي.
✧ تعزيز التعاون الدولي لمواجهة الجرائم العابرة للحدود.
✧ تدريب وتأهيل الكوادر البشرية بالتقنيات الحديثة.

يمثل الذكاء الاصطناعي مستقبلًا واعدًا في مكافحة المواد المتفجرة والكمائن الخداعية، حيث يوفر أدوات متقدمة تعزز من القدرة الأمنية وتساهم في حماية المجتمع من المخاطر المتزايدة

# الفـــــصل الحادي عشر

# الكشف الكيميائي والمجهري في الادلة الجنائية

## 11-1 طرق الكشف الكيميائي والمجهري

الكشف الكيميائي والمجهري هما من الأدوات الأساسية في علوم التحليل التي تسمح بدراسة المواد وتحديد مكوناتها وخصائصها بدقة عالية.

- **الكشف الكيميائي** يشير إلى استخدام التفاعلات الكيميائية وأساليب التحليل لتحديد وجود أو كمية مواد معينة في عينة ما. يعتمد هذا النوع من الكشف على تفاعل المادة مع كواشف معينة تنتج عنها تغييرات يمكن قياسها أو ملاحظتها، مثل تغير اللون أو تكون راسب.
- **الكشف المجهري** يعتمد على استخدام المجاهر بأنواعها المختلفة لفحص العينات على مستوى الدقة المجهرية، مما يمكن من رؤية التفاصيل الدقيقة للمواد والأجسام التي لا تُرى بالعين المجردة. يستخدم الكشف المجهري في تحليل التركيب البنيوي للمواد، وفحص الخلايا، والأنسجة، والبلورات.

## 11-2 أهمية الكشف الكيميائي والمجهري

تأتي أهمية الكشف الكيميائي والمجهري من قدرتهما على توفير معلومات دقيقة وحيوية في العديد من المجالات، منها:

- **العلوم الجنائية :**حيث يستخدمان لتحديد المواد الكيميائية في عينات الأدلة مثل المخدرات، السموم، المتفجرات، وبقايا الجرائم، وكذلك فحص الألياف، البقايا البيولوجية، وبناء تحليل دقيق لمسرح الجريمة.
- **الصيدلة :**للكشف عن نقاء الأدوية، تحديد المواد الفعالة والشوائب، وضمان جودة المنتجات الدوائية.
- **الطب :**في تشخيص الأمراض من خلال فحص الأنسجة والخلايا، وتحليل سوائل الجسم.
- **الصناعة :**لمراقبة جودة المواد الخام والمنتجات النهائية، وضبط عمليات التصنيع.

## 11-3 الكشف الكيميائي

### 11-3-1 المفاهيم الأساسية في الكيمياء التحليلية

الكيمياء التحليلية هي فرع من فروع الكيمياء يركز على تحديد تركيب المواد وكميتها. تعتمد عمليات الكشف الكيميائي على فهم التفاعلات الكيميائية وكيفية استغلالها لاكتشاف وتحليل المواد.

تشمل المفاهيم الأساسية:

- **العينة :**المادة التي سيتم تحليلها.
- **الكاشف (المادة الكيميائية) :**مادة تستخدم لتحفيز تفاعل كيميائي مع المادة المراد الكشف عنها.
- **التفاعل الكيميائي :**العملية التي يحدث خلالها تغير كيميائي بين المادة المراد الكشف عنها والكاشف.
- **النتيجة :**التغيير الملحوظ، مثل تغير لون، ترسيب، أو تطاير غاز، الذي يدل على وجود المادة.

### 11-3-2 أنواع التفاعلات الكيميائية المستخدمة في الكشف

تستخدم عدة أنواع من التفاعلات الكيميائية لتحديد وجود مادة معينة، منها:

- **تفاعلات الترسيب :**حيث يتكون راسب صلب عند تفاعل مادة مع كاشف معين.
- **تفاعلات الأكسدة والاختزال :**تستخدم لتحديد وجود مواد قابلة للأكسدة أو الاختزال.
- **تفاعلات الحمض-قاعدة :**التي تعتمد على تغير الرقم الهيدروجيني.
- **تفاعلات المعقدات :**تكوين مركبات معقدة تظهر بألوان أو خواص مميزة.

### 11-3-3 أدوات وتقنيات الكشف الكيميائي

تشمل الأدوات والتقنيات الأساسية المستخدمة في الكشف الكيميائي:

- **المقاييس الطيفية :**أجهزة تقيس امتصاص أو انبعاث الضوء من العينة.
- **الكروماتوغرافيا :**تقنيات لفصل مكونات العينة.
- **الأجهزة الكهربائية :**مثل المحللات الكهروكيميائية.
- **المجاهر الكيميائية :**لمراقبة التغيرات المادية في العينة.

## 11-4 طرق الكشف الكيميائي الكلاسيكية

### 11-4-1 الكشف بالتحليل اللوني(Colorimetric Analysis)

تُعد الطرق اللونية من أقدم وأبسط الطرق الكيميائية التي تعتمد على تغير لون ناتج عن تفاعل مادة معينة مع كاشف ملوّن. وهي فعّالة للكشف النوعي عن وجود مادة معينة أو تقدير كمي تقريبي.

- **مثال :**استخدام كاشف "ثنائي فينيل أمين" للكشف عن الحمض النووي DNA حيث يتحول اللون إلى أزرق عند وجود.DNA

❖ **المميزات:**

✧ غير مكلفة.
✧ سهلة الاستخدام.
✧ تُعطي نتائج فورية.

❖ **العيوب:**

✧ غير دقيقة كميًا.
✧ قابلة للتأثر بالعوامل الخارجية مثل الضوء والحرارة.

### 11-4-2 الكشف باستخدام التفاعلات الترسيبية(Precipitation Reactions)

تعتمد هذه الطريقة على إضافة كاشف يُكوّن راسبًا مع مادة معينة. يستخدم هذا النوع بشكل شائع في الكيمياء اللاعضوية للكشف عن الأيونات.

❖ **مثال :**إضافة محلول نترات الفضة إلى محلول يحتوي على أيون الكلوريد يُنتج راسبًا أبيض من كلوريد الفضة.

❖ **التطبيقات:**

✧ الكشف عن المعادن الثقيلة.
✧ تحليل المياه والمواد البيئية.

### 11-4-3 الكشف بالأكسدة والاختزال(Redox Reactions)

تستخدم تفاعلات الأكسدة والاختزال في تحديد مدى وجود مواد معينة عن طريق التغير في حالة الأكسدة.

❖ **مثال :**تفاعل برمنغنات البوتاسيوم ( $KMnO_4$) مع مواد قابلة للاختزال يؤدي إلى اختفاء اللون البنفسجي.
❖ **الاستفادة :**هذه الطريقة تستخدم في الكشف عن الجلوكوز، الحديد، الكبريت، والعديد من المركبات العضوية.

### 11-4-4 الكشف باستخدام المؤشرات الكيميائية(Indicators)

المؤشرات هي مركبات كيميائية يتغير لونها في وجود تغير في الوسط الكيميائي (مثل تغيّر في الرقم الهيدروجيني).

❖ **أشهر المؤشرات:**

✧ الفينولفثالين (يتحول من عديم اللون إلى وردي في الوسط القلوي).
✧ الميثيل البرتقالي (يتحول من الأحمر إلى الأصفر في الوسط القاعدي).

❖ **الاستخدام :**تُستخدم في المعايرات لتحديد نقطة النهاية.

## 11-4-5 أهمية الطرق الكلاسيكية في السياقات التطبيقية

رغم تطور التقنيات الحديثة، لا تزال الطرق الكلاسيكية تُستخدم بسبب بساطتها وفعاليتها في الكشف السريع، خصوصًا في:

✧ **المعامل الميدانية.**
✧ **التطبيقات التعليمية.**
✧ **الفحوص الأولية في التحقيقات الجنائية.**

## 11-5 طرق الكشف الكيميائي الحديثة

## 11-5-1 التحليل الطيفي(Spectroscopic Analysis)

تُعد التقنيات الطيفية من أكثر الطرق تطورًا ودقة في الكشف الكيميائي، حيث تعتمد على تفاعل المادة مع الأشعة الكهرومغناطيسية، مما ينتج عنه طيف يمكن تحليله لتحديد تركيب المادة.

❖ **الأشعة فوق البنفسجية/المرئية(UV-Vis Spectroscopy)**

- **المبدأ :**امتصاص المركبات الكيميائية لأشعة UV أو الضوء المرئي يسبب انتقالًا في إلكتروناتها، وينتج طيف امتصاصي يُستخدم لتحديد هوية المادة وتركيزها.
- **التطبيقات:**

✧ تحليل الصبغات والمركبات العضوية.
✧ تقدير تركيز المواد في المحاليل.

❖ **الأشعة تحت الحمراء(IR Spectroscopy)**

- **المبدأ :**تعتمد على امتصاص الجزيئات للأشعة تحت الحمراء مما يؤدي إلى اهتزاز الروابط الكيميائية بطريقة مميزة.
- **التطبيقات:**

✧ تحديد المجموعات الوظيفية في المركبات.

✧ التعرف على المركبات العضوية وغير العضوية.

❖ **التحليل الطيفي للكتلة(Mass Spectrometry)**

- **المبدأ :**قياس الكتلة النسبية للأيونات الناتجة عن تأين المادة.
- **التطبيقات:**

✧ تحديد التركيب الجزيئي الدقيق.

✧ الكشف عن المواد شديدة التخصص كالمخدرات والسموم.

## 11-6 الكروماتوغرافيا(Chromatography)

الكروماتوغرافيا هي تقنية لفصل مكونات الخليط على أساس اختلاف خصائصها الفيزيائية والكيميائية.

❖ **كروماتوغرافيا الطبقة الرقيقة(TLC)**

- **الاستخدام :**تحليل سريع للمركبات العضوية.
- **المميزات :**بسيطة، ورخيصة، وتستخدم عينات صغيرة.

❖ **الكروماتوغرافيا الغازية(GC)**

- **الاستخدام :**تحليل المركبات المتطايرة.
- **التطبيقات :**فحص السموم والمواد العضوية في الدم.

❖ **الكروماتوغرافيا السائلة عالية الأداء(HPLC)**

- **المميزات :**دقة عالية، كفاءة فصل ممتازة.
- **التطبيقات :**تحليل الأدوية، الأغذية، والمركبات البيولوجية.

## 11-7 التقنيات الكهروكيميائية

تعتمد على قياس التيار أو الجهد الناتج عن تفاعلات كيميائية كهربية.

❖ **الفولتميترية(Voltammetry)**

- تقيس تيار الإلكترونات الناتج عن أكسدة أو اختزال المادة.

❖ **التحليل بالكهربية الساكنة(Potentiometry)**

- **مثال :**قياس الرقم الهيدروجيني باستخدام قطب زجاجي.

## 11-8 الذكاء الاصطناعي في الكشف الكيميائي الحديث

أحدث الذكاء الاصطناعي ثورة في طرق التحليل الحديثة عبر:

✧ التعرف التلقائي على الأطياف الطيفية.
✧ تحليل البيانات الضخمة الناتجة عن الكروماتوغرافيا والطيف.
✧ التنبؤ بهوية المواد باستخدام خوارزميات تعلم الآلة.
✧ توجيه آلي للروبوتات التحليلية في المختبرات.

❖ **مزايا وقيود الطرق الحديث**

| القيود | المزايا |
|---|---|
| تكلفة مرتفعة | دقة وحساسية عالية |
| تحتاج تدريب متخصص | قابلية الأتمتة والربط بالحاسوب |
| صيانة دورية دقيقة | تحليل كمي ونوعي شامل |

## 11-9 أساسيات الكشف المجهري

الكشف المجهري هو أحد أساليب التحليل الجنائي المعتمدة على فحص العينات الصغيرة أو الدقيقة باستخدام أنواع مختلفة من المجاهر، بهدف التعرف على طبيعة المادة أو خصائصها البنيوية والتركيبية، والتي قد لا تُرى بالعين المجردة. هذه التقنية تُستخدم على نطاق واسع في المختبرات الجنائية للكشف عن الألياف، جزيئات المتفجرات، بقايا الطلقات، المواد السامة، وحتى آثار الدم أو البصمة البيولوجية.

### 11-9-1 أنواع المجاهر المستخدمة في الكشف المجهري

❖ **المجهر الضوئي(Light Microscope)**

- **المبدأ :**يستخدم الضوء المرئي وعدسات زجاجية لتكبير العينة.
- **الاستخدامات:**

✧ تحليل الأنسجة الحيوية.

✧ الكشف عن الألياف والملوثات في العينات.

- **الحدود :**لا يُظهر التفاصيل الدقيقة تحت حدود التكبير x.2000

❖ **المجهر الإلكتروني الماسح(SEM)**

- **المبدأ :**يستخدم شعاعًا من الإلكترونات لفحص سطح العينة.
- **المميزات:**

✧ دقة تكبير تصل إلى أكثر من x.100,000

✧ تصوير ثلاثي الأبعاد.

- **التطبيقات:**

✧ تحليل بقايا الانفجارات.

✧ فحص المواد المعدنية والدقيقة.

❖ **المجهر الإلكتروني النافذ(TEM)**

- **المبدأ :**تمرير الإلكترونات خلال العينة لرؤية البنية الداخلية.
- **الاستخدام :**فحص الجزيئات البيولوجية والتركيب الذري.

❖ **المجهر الفلوريسنتي(Fluorescence Microscope)**

- **المبدأ :**يعتمد على ظاهرة التألق (fluorescence) عند تعريض العينة لضوء فوق بنفسجي.
- **التطبيق :**فحص الخلايا والأنسجة الحيوية التي تم وسمها بصبغات خاصة.

## 11-10 تقنيات التحضير المجهري للعينة

- **تثبيت العينة :(Fixation)** باستخدام الفورمالين أو الكحول للحفاظ على البنية.
- **التقطيع المجهري :(Microtomy)** تقطيع العينات إلى شرائح رقيقة جدًا باستخدام جهاز خاص.
- **الصبغ :(Staining)** صبغ العينة بمواد تبرز التفاصيل البنائية (مثل صبغة الهيماتوكسيلين والإيوزين).
- **التجفيف والتغطية :**للحفاظ على سلامة الشريحة الميكروسكوبية.

### 11-10-1 دور الكشف المجهري في التحقيقات الجنائية

- **تحليل عينات الشعر والألياف :**مقارنة الألياف الموجودة في موقع الجريمة بملابس المشتبه بهم.
- **فحص الطلقات النارية :**باستخدام SEM لتحديد بقايا البارود والرصاص.
- **الكشف عن المواد المتفجرة :**التعرف على الجزيئات والبلورات باستخدام.TEM
- **تحليل البقع البيولوجية :**عبر المجهر الفلوريسنتي لتحديد آثار الدم أو السائل المنوي.

### 11-10-2 الذكاء الاصطناعي والكشف المجهري

تقنيات الذكاء الاصطناعي مثل الرؤية الحاسوبية (Computer Vision) تُستخدم الآن لتحليل الصور المجهرية بشكل أوتوماتيكي، وتساعد على:

- تصنيف الصور المجهرية بدقة.
- اكتشاف الشذوذات والأنماط النادرة.
- دمج الصور وتحسين دقتها.
- أتمتة تقارير الفحص المجهري.

مثال: تُستخدم شبكات CNN (Convolutional Neural Networks) لتحليل صور SEM وتحديد نوع المادة المتفجرة بناءً على بنية سطحها.

### 11-10-3 التحديات المستقبلية

- ✧ دمج قواعد بيانات صور مجهرية عالمية لتدريب نماذج الذكاء الاصطناعي.
- ✧ تحسين قابلية تفسير النماذج (Explainable AI)لفهم قرارات التصنيف.
- ✧ تقليل الاعتماد على التحليل اليدوي في مختبرات الطب الشرعي.
- ✧ طرق الكشف المجهري المتقدمة

شهدت السنوات الأخيرة تطورًا كبيرًا في تقنيات الكشف المجهري، مدعومةً بتطور العلوم البصرية والفيزيائية، واندماجها مع الذكاء الاصطناعي. هذه التقنيات المتقدمة أصبحت حجر الزاوية في التحاليل الدقيقة التي تتطلب حساسية عالية وتمييزًا فائقًا للجزيئات، خاصة في مجال الكيمياء الجنائية، حيث يتم التعامل مع أدلة صغيرة جدًا أو مُتلفة جزئيًا.

## 11-11 المجهر الذري القوة(AFM – Atomic Force Microscope)

يعتمد على تتبع تفاعل رأس مجس صغير جدًا مع سطح العينة، ما يُمكِّن من تصوير البنية الذرية للسطوح.

- ❖ **التطبيقات الجنائية:**

- ✧ فحص متفجرات نانوية.
- ✧ دراسة الخدوش والتآكل في الأدوات الجنائية.
- ✧ تحليل التغيرات البنيوية للمواد نتيجة الانفجار.

- ❖ **التكامل مع الذكاء الاصطناعي:**

يتم استخدام خوارزميات التعلم العميق لتحليل الأنماط السطحية وتحسين دقة الصور الناتجة من.AFM

### 11-12 المجهر متحد البؤر(Confocal Laser Scanning Microscope)

يعتمد على الليزر في مسح طبقات متعددة من العينة، مما ينتج صورة ثلاثية الأبعاد عالية الدقة.

❖ **الاستخدامات الجنائية:**

✧ تحليل طبقات الجلد المجهرية في قضايا الاعتداء.
✧ تصوير مركّز للبصمات البيولوجية الدقيقة على الأسطح غير المستوية.
✧ فحص الهياكل الميكروية للأنسجة الحيوية المتحللة.

❖ **الذكاء الاصطناعي في التحليل:**

✧ يستخدم في تحسين الضوضاء بالصورة.
✧ تعزيز عمق الصورة وإعادة تركيبها من طبقات متعددة.
✧ التعرف التلقائي على الأنسجة أو المواد البيولوجية.

## 11-13 المجهر فوق الطيفي (Hyper-spectral Imaging Microscope)

يحلل العينة على أطوال موجية متعددة (أكثر من المجهر الفلوريسنتي) لتحديد التركيب الكيميائي والمعدني.

❖ **التطبيقات:**

✧ تمييز المتفجرات من خلال أطيافها.
✧ تحليل الألياف حسب صبغتها الكيميائية.
✧ الكشف عن آثار المواد البيولوجية غير المرئية.

❖ **الذكاء الاصطناعي:**

✧ تصنيف المواد عبر تقنيات التعلم الآلي) مثل.(SVM
✧ التنبؤ بوجود متفجرات بناءً على توقيعات طيفية غير مرئية.

## 11-14 المجهر بالتحليل الطيفي للرامان(Raman Microscope)

يعتمد على تشتت الضوء لرصد البصمة الجزيئية للمادة.

❖ **الاستخدامات:**

✧ تحديد نوعية المواد الكيميائية المتفجرة.

✧ تحليل آثار الطلاء، الحبر، والأصباغ في المستندات المُزوَّرة.

❖ **التكامل مع:AI**

✧ تعزيز دقة تحديد المركّبات الكيميائية باستخدام الذكاء الاصطناعي.

✧ استخدام نماذج الشبكات العصبية للتعرف التلقائي على التغيرات الطيفية الدقيقة.

## 11-15 تقنيات دمج المجاهر مع الذكاء الاصطناعي في التطبيقات الجنائية

✧ **أتمتة عملية الفحص :**يتم تدريب نماذج الذكاء الاصطناعي للتعرف على الأنماط المجهرية الخاصة بمواد معينة )مثلاً، بلورات مادة RDX المتفجرة.(

✧ **رؤية حاسوبية متقدمة :**تسمح بخفض الاعتماد على الفاحص البشري وتسريع نتائج التحقيق.

✧ **تحليل الصور في الزمن الحقيقي :**بفضل الخوارزميات المدعومة بالذكاء الاصطناعي، يمكن تحليل الصور أثناء التقاطها من المجهر مباشرة.

❖ **التحديات والآفاق المستقبلية**

- **التحديات:**

✧ التكلفة العالية لهذه الأجهزة.

✧ الحاجة لتدريب المستخدمين على تحليل البيانات الكبيرة الناتجة عنها.

✧ التوافق بين أنظمة المجاهر المختلفة.

- **الآفاق المستقبلية:**

✧ تطوير منصات سحابية لتحليل الصور المجهرية آليًا.

✧ بناء قواعد بيانات ضخمة من صور العينات الجنائية المجهرية لتدريب الخوارزميات.

✧ استخدام الذكاء الاصطناعي في التنبؤ بأصل المادة أو ظروف انفجارها بناءً على شكلها المجهري.

## 11-16الكشف الكيميائي والمجهري في تحليل آثار المتفجرات

تُعدّ المتفجرات من أخطر المواد التي يتعامل معها المحققون في مسرح الجريمة، حيث تُحدث تدميرًا واسعًا وتخلّف وراءها آثارًا دقيقة يصعب أحيانًا التعرف عليها بالعين المجردة. ومن هنا تبرز أهمية الكشف الكيميائي والمجهري، مدعومًا بتقنيات الذكاء الاصطناعي، الذي يمكّن من تحديد نوع المادة المستخدمة، مصدرها، وآلية تفجيرها بدقة.

❖ **طبيعة آثار المتفجرات**

آثار المتفجرات تشمل:

✧ **مخلفات كيميائية** مثل النترات، النتروأرينات، البيركلورات.
✧ **مخلفات عضوية** مثل الجلسرين، الهيكسوجين، .(RDX)
✧ **بقايا ميكانيكية** مثل شظايا الأسلاك، أجزاء من العبوة أو الصاعق.
✧ **بصمة حرارية** تغييرات في المواد نتيجة درجات الحرارة العالية الناتجة عن الانفجار.

### 11-17 الكشف الكيميائي للمتفجرات

❖ **الطرق التقليدية:**

✧ **اختبارات اللطخة** :(Spot Tests)مثل اختبار Greiss للكشف عن النترات.
✧ **الكروماتوغرافيا** :الفصل بين مكونات المواد المتبقيةGC ، .(HPLC)
✧ **التحليل الطيفي الكتلي :(MS)** لتحديد الجزيئات المتبقية بدقة.

❖ **الكشف عبر الذكاء الاصطناعي:**

✧ تحليل البيانات الكيميائية المعقدة الناتجة من أجهزة الفصل باستخدام خوارزميات التعلم الآلي.
✧ استخدام الشبكات العصبية الاصطناعية للتعرف على نمط المواد المتفجرة من بصماتها الكيميائية.
✧ التنبؤ بالمصدر أو نوع المتفجر من خلال خوارزميات تعتمد على قاعدة بيانات تدريبية.

### 11-18 الكشف المجهري لبقايا المتفجرات

❖ **الطرق المجهرية المستخدمة:**

- **المجهر الإلكتروني الماسح :(SEM)** لتحديد شكل الجزيئات والسطوح المتأثرة.
- **المجهر بالأشعة تحت الحمراء :FTIR** لتحديد البصمة الجزيئية.
- **المجهر الفلوري** :للكشف عن بقايا المتفجرات عند إضاءتها بأشعة معينة.

❖ **الذكاء الاصطناعي في التحليل المجهري:**

- التعرف الآلي على أشكال الجزيئات أو البلورات النانوية للمتفجرات.
- المقارنة التلقائية بين العينة المشبوهة وصور في قاعدة بيانات مرجعية.
- التصنيف الآلي لنوع المتفجر بناءً على الصور المجهرية فقط.

## 11-19 الجمع بين التحليل الكيميائي والمجهري

- **النهج التكاملي :**تُستخدم نتائج التحليل الكيميائي لتحديد المركبات، بينما يُعزز التحليل المجهري ذلك من خلال تصوير شكل المادة وتأثير الانفجار عليها.
- **مساهمة الذكاء الاصطناعي :**يمكنه دمج نتائج التحليل من مصادر مختلفة (بيانات طيفية، صور مجهرية، تحليل حرارة) لتكوين استنتاج مركب.

## 11-20 دراسات حالة ميدانية

❖ **دراسة حالة 1:**

انفجار في مركبة، تم تحليل البقايا باستخدام HPLC وSEM، وبمساعدة الذكاء الاصطناعي تم تحديد المتفجر على أنه PETN المُهرب عبر عبوة مبردة.

❖ **دراسة حالة 2:**

مسرح جريمة بعد انفجار عبوة في منشأة صناعية. تم استخدامFTIR Microscope ، والتعرف الآلي على البصمة الطيفية أظهر استخدام TNT قديم الصنع ممزوج بمواد زراعية.

❖ **التحديات**

- **التلوث البيئي** :قد تخفي آثار المتفجرات أو تُغيّر خصائصها.
- **صعوبة تحديد المصدر** :التشابه الكيميائي بين أنواع كثيرة من المتفجرات.

✧ **كثرة البيانات** :تحتاج أنظمة قوية لتحليل الصور والأطياف المعقدة بدقة وفعالية.

❖ **التوجهات المستقبلية**

✧ بناء **نماذج هجينة** تجمع بين تقنيات الكشف الكيميائي والمجهري مع الذكاء الاصطناعي.
✧ تطوير **أجهزة محمولة** تعتمد على تحليل الصور المجهرية وتفسيرها لحظيًا.
✧ استخدام **الذكاء الاصطناعي التوليدي** لتخليق بصمات طيفية افتراضية تساعد في كشف المتفجرات غير المعروفة سابقًا.

❖ **التحديات المستقبلية والحلول الذكية في التحاليل الجنائية للمتفجرات**

مع تطور أساليب الجريمة وازدياد الاعتماد على تقنيات متقدمة في تنفيذ العمليات الإجرامية باستخدام المتفجرات والكمائن الخداعية، أصبحت التحاليل الجنائية أكثر تعقيدًا. هذا يستدعي تطوير أدوات وأساليب أكثر دقة وسرعة، ويُبرز الحاجة إلى حلول ذكية تعتمد على الذكاء الاصطناعي والتقنيات المتقدمة لتحسين الأداء وتحقيق العدالة الجنائية بكفاءة أعلى.

## 11-21 التحديات في التحليل الجنائي للمتفجرات

❖ **تعدد أنواع المتفجرات ومركباتها**

✧ وجود مئات الأنواع من المواد المتفجرة المصنعة محليًا أو تجاريًا.
✧ تشابه تركيباتها الكيميائية مما يصعّب التمييز بينها.

❖ **التحلل السريع للآثار**

✧ تتعرض بقايا المتفجرات لعوامل جوية (رطوبة، حرارة) قد تؤدي لتلفها قبل الوصول إليها.

❖ **الكمائن الخداعية الذكية**

✧ استخدام مكونات لا تُكتشف بسهولة (مثل البلاستيك، الأسلاك غير المعدنية).
✧ تفجير العبوة عن بُعد بطرق غير تقليدية مثل الهاتف المحمول أو أجهزة الاستشعار.

❖ **كثافة البيانات وضعف التحليل البشري**

✧ الحاجة لتحليل أطياف كيميائية وصور مجهرية وأصوات تفجير وتسجيلات حرارية في وقت قصير.

## 11-22 دور الذكاء الاصطناعي في تجاوز التحديات

❖ **المعالجة الآنية للبيانات**

✧ استخدام تقنيات تعلم الآلة لتحليل صور البصمات الطيفية والمجهرية بسرعة.

✧ تطوير خوارزميات تصنيف تلقائي للمتفجرات بناءً على بصمتها الكيميائية.

❖ **الأنظمة التنبؤية الذكية**

✧ استخدام الذكاء الاصطناعي للتنبؤ بنوع المتفجر بناءً على البيانات البيئية ومكان الانفجار.

✧ نماذج تحليلية تُحدد احتمالية وجود متفجرات حتى في غياب أدلة مرئية واضحة.

❖ **تحسين دقة الكشف وتقليل الخطأ البشري**

✧ أدوات تعتمد على رؤية حاسوبية (Computer Vision) لمقارنة الصور وتحليلها بدون تدخل بشري.

✧ التعلم العميق (Deep Learning) يُدرّب النماذج على أنماط الانفجار المختلفة لتحسين الكشف.

## 11-23 تقنيات الذكاء الاصطناعي المستخدمة

| الفائدة | الوظيفة | التقنية |
|---|---|---|
| دقة أعلى من التحليل اليدوي | تصنيف صور البقايا الطيفية والمجهرية | الشبكات العصبية العميقة |
| تسريع التحقيقات | التنبؤ بالتركيبة الأكثر احتمالًا للمتفجر | الخوارزميات التطورية |
| تقليل الخطأ البشري | تقديم توصيات للتحقيقات بناءً على معطيات أولية | أنظمة الخبرة الذكية |
| تحليل مشاهد الجريمة افتراضيًا | إعادة بناء الانفجار ومحاكاته | الذكاء التوليدي (Generative AI) |

## 11-23-1 مشاريع وتجارب عالمية رائدة

❖ **مشروع FENYX الأوروبي**

مشروع بحثي استخدم الذكاء الاصطناعي لتحليل التفجيرات في الوقت الفعلي، وقد قلّص زمن التحليل بنسبة 70.%

❖ **مبادرة DARPA للذكاء الاصطناعي المتقدم**

طورت DARPA نظامًا يعتمد على الذكاء الاصطناعي لرسم خرائط ثلاثية الأبعاد لمسرح الجريمة وتحليل الأدلة الكيميائية لحظيًا.

❖ **تجربة هندية في المطارات**

طُورت أجهزة كشف متنقلة تستخدم خوارزميات ذكاء اصطناعي لتحليل الهواء المحيط ووجود آثار نترات أو مركبات نيترو آمنة وفعالة.

❖ **آفاق المستقبل**

✧ **تكامل الذكاء الاصطناعي مع الروبوتات الميدانية** :للكشف عن المتفجرات دون تدخل بشري في الأماكن الخطرة.

✧ **تحليل البيانات الضخمة الجنائية** :**(Big Forensic Data)** الدمج بين بيانات كيميائية، حرارية، بصرية وصوتية في وقت واحد.

✧ **نظم ذكاء اصطناعي تشاركية مع المحققين** :أنظمة تفاعلية تتعلم من المحقق وتطوّر قدرتها التحليلية بمرور الوقت.

✧ **الذكاء الاصطناعي التفسيري** :**(Explainable AI)** أدوات قادرة على تفسير سبب الاستنتاجات التي توصلت إليها مما يعزز الثقة القضائية بها.

يمثل التكامل بين التحاليل الجنائية التقليدية والتقنيات الذكية الحديثة طريقًا واعدًا لمستقبل كشف المتفجرات والكمائن الخداعية. التحديات باقية، لكن الذكاء الاصطناعي يفتح آفاقًا لحلول دقيقة وسريعة وأكثر أمانًا في ميدان التحقيق الجنائي، خصوصًا مع التطور المستمر في تقنيات التعلم العميق وتحليل البيانات المعقدة.

# الـــــــــــــفصل الثاني عشـــــر

# البيانات الضخمة في دعم تحقيقات المتفجرات وتحليل الكمائن الخداعية

## 12-1 دور البيانات الضخمة في دعم تحقيقات المتفجرات وتحليل الكمائن الخداعية

في عصر المعلومات، أصبحت البيانات المصدر الأهم لدعم القرارات والتحقيقات الجنائية، خاصة في قضايا استخدام المتفجرات والكمائن الخداعية. إنَّ البيانات الضخمة (Big Data) توفّر بيئة غنية لتحليل الأنماط والتنبؤ بالسلوكيات الإجرامية، وتُمكِّن المحققين من ربط المعلومات من مصادر مختلفة لاكتشاف الأدلة الخفية التي قد تفوت التحليل التقليدي.

## 12-2 مفهوم البيانات الضخمة في السياق الجنائي

البيانات الضخمة تشير إلى مجموعات بيانات هائلة الحجم، وسريعة التدفّق، ومتنوعة في الشكل (نصوص، صور، فيديوهات، إشارات حرارية... إلخ). في المجال الجنائي، تشمل هذه البيانات:

- ✧ سجلات المكالمات واتصالات المشتبه بهم.
- ✧ بيانات الكاميرات الحرارية أو الأمنية.
- ✧ سجلات الرحلات، المشتريات، التنقلات الجغرافية.
- ✧ نتائج تحاليل المختبرات (كيميائية، مجهرية، جينية).
- ✧ بيانات من الأجهزة الذكية: ساعات، هواتف، مركبات ذكية.

## 12-3 استخدام البيانات الضخمة في التحقيقات المتعلقة بالمتفجرات

❖ **تحليل الأنماط السلوكية**

- ✧ تحليل تحركات مشتبهين قبيل وبعد التفجير.
- ✧ مقارنة أنماط شراء المواد الكيميائية مع قواعد بيانات مشبوهة.

❖ **الربط بين الجرائم السابقة والراهنة**

- ✧ تحليل البصمة الكيميائية أو الرقمية وتحديد التشابهات عبر قواعد البيانات التاريخية.

❖ **استخدام الفيديو التحليلي**

- ✧ استخدام الذكاء الاصطناعي لتحليل مئات الساعات من كاميرات المراقبة.
- ✧ تتبع المركبات أو الأشخاص بناءً على السمات أو أنماط الحركة.

❖ **اكتشاف العبوات المزروعة**

✧ دمج بيانات من الحساسات الأرضية، الجوية، والطيفية لتحديد مناطق غير طبيعية.

## 12-4 تقنيات الذكاء الاصطناعي في تحليل البيانات الضخمة الجنائية

| التطبيق في قضايا المتفجرات | الوظيفة | التقنية |
|---|---|---|
| كشف روابط بين مشتبهين ومصادر المواد | استخراج أنماط مخفية | التنقيب عن البيانات (Data Mining) |
| توقع المواقع المستهدفة بناءً على بيانات الجرائم السابقة | التنبؤ بالهجمات القادمة | التحليل التنبؤي |
| رسم خرائط انتشار الأحداث وتحركات المشتبهين | تحليل البيانات المكانية | الذكاء الجغرافي(Geo-AI) |
| قراءة وتحليل رسائل إلكترونية مشبوهة | تحليل النصوص | المعالجة اللغوية الطبيعية(NLP) |

❖ **تحديات استخدام البيانات الضخمة**

✧ **ضخامة حجم البيانات** :صعوبة تخزينها ومعالجتها دون أدوات متقدمة.

✧ **مشكلة الخصوصية** :تقييد الوصول إلى بيانات حساسة دون أوامر قضائية.

✧ **ضبابية البيانات** :وجود قدر كبير من "الضجيج" أو البيانات غير المفيدة.

✧ **الاعتماد على بنى تحتية متقدمة** :الحاجة لسيرفرات عالية الكفاءة وشبكات سريعة.

❖ **حلول مقترحة وتوجهات مستقبلية**

## 12-5 تطوير منصات تحليل جنائي متكاملة

تسمح للمحققين بدمج البيانات من مصادر مختلفة وتحليلها باستخدام واجهة واحدة.

❖ **استخدام الذكاء الاصطناعي السحابي(AI Cloud Forensics)**

تخزين البيانات الضخمة وتحليلها عبر خدمات سحابية متقدمة توفر قوة حوسبة هائلة.

- **تصميم شبكات أمان رقمية للربط بين الدول**

لتمكين تبادل البيانات حول أنماط المتفجرات، المشتبهين، والأساليب التخريبية العابرة للحدود.

## 12-6 أمثلة تطبيقية

- **النظام الأمريكيACES**

نظام تم تطويره لتحليل بيانات الجرائم العنيفة، وتم استخدامه في عدة قضايا تفجير لمقارنة نماذج عبوات ناسفة بأخرى قديمة مخزّنة في قاعدة البيانات.

- **مشروع INTERPOL للذكاء التحليلي**

يعتمد على شبكة عالمية لتحليل البيانات الضخمة من الجرائم الإرهابية، وربطها بمعلومات الأجهزة الأمنية الدولية. البيانات الضخمة تُعد موردًا استراتيجيًا في التحقيقات الجنائية المعقدة، خاصة تلك المتعلقة بالمتفجرات والكمائن الخداعية. دمج هذه البيانات مع تقنيات الذكاء الاصطناعي يفتح آفاقًا جديدة لتحليل أعمق وأسرع وأكثر دقة، بما يعزز القدرة على الاستجابة السريعة، وتقديم الأدلة المحكمة في المحاكم، وردع الجرائم قبل وقوعها.

## 12-7 التكامل بين التحاليل الجنائية والذكاء الاصطناعي في مواجهة التهديدات المتقدمة

في ظل التطورات السريعة في أساليب الجريمة، أصبح من الضروري أن تُواكب التحقيقات الجنائية هذه التحديات عبر أدوات تحليلية حديثة ومترابطة. يشكّل التكامل بين **التحاليل الجنائية** (الكيميائية، الفيزيائية، البيولوجية، الرقمية...) وتقنيات **الذكاء الاصطناعي** حجر الزاوية في التصدي للتهديدات المتقدمة، وعلى رأسها استخدام **المتفجرات والكمائن الخداعية**.

## 12-8 مفهوم التكامل التحليلي المدعوم بالذكاء الاصطناعي

يقوم هذا المفهوم على دمج أدوات التحليل الجنائي التقليدي بأنظمة الذكاء الاصطناعي المتقدمة بهدف:

- ✧ رفع دقة النتائج.
- ✧ تسريع الوصول إلى الاستنتاجات.

- ✧ كشف الأنماط المعقدة التي قد تغيب عن العين البشرية.
- ✧ تقديم تحليل شامل ومتعدد الأبعاد للحوادث.

## 12-9مستويات التكامل

### ❖ التكامل في المختبرات الجنائية

- ✧ استخدام أنظمة AI لتحليل نتائج أطياف الأشعة تحت الحمراء أو الكروماتوغرافيا.
- ✧ التصنيف التلقائي للعينات الكيميائية الخطرة باستخدام خوارزميات التعلم الآلي.

### ❖ التكامل في الميدان

- ✧ نشر روبوتات ومُسيّرات ذكية مجهّزة بأجهزة كشف كيميائي وتحليل فوري.
- ✧ أنظمة رؤية حاسوبية للتعرف على العبوات الناسفة المزروعة تحت الأرض أو في الحواجز.

### ❖ التكامل بين التخصصات الجنائية

- ✧ ربط نتائج التحليل الكيميائي بالتحليل الجيني والبصمة الرقمية لتكوين ملف شامل للجريمة.

## 12-10 تطبيقات عملية للتكامل

| التطبيق | تقنية الذكاء الاصطناعي | التحليل الجنائي | المجال |
|---|---|---|---|
| تحديد نوع المادة الناسفة والمصدر المحتمل | التصنيف الآلي باستخدام الشبكات العصبية | تحليل بقايا المواد بعد التفجير | تحليل المتفجرات |
| تمييز المواد غير العضوية المستخدمة في التمويه | رؤية حاسوبية مدعومة بـAI | التحليل الطيفي للمواد المشبوهة | كشف الكمائن |
| إعادة بناء السيناريو ثلاثي الأبعاد | الدمج الذكي للصور والبيانات | تحليل البقع، الأجسام، الصوت | تحليل مسرح الجريمة |
| **استرجاع الرسائل والمخططات المرتبطة بالهجوم** | **خوارزميات التنقيب الرقمي** | **تحليل الأجهزة الإلكترونية** | **تحليل الأجهزة المصادرة** |

## 12-11 التحديات التي تواجه التكامل

- ✧ **تباين نماذج البيانات** :صعوبة الربط بين بيانات جينية وكيميائية ورقمية.
- ✧ **غياب المعايير الموحدة** :اختلاف المنهجيات بين المختبرات قد يعيق التكامل التلقائي.
- ✧ **ضعف البنية التحتية التقنية** :بعض الدول أو الوحدات الجنائية لا تمتلك الأجهزة الذكية أو مراكز بيانات حديثة.
- ✧ **الحاجة إلى تدريب الكوادر البشرية** :الاعتماد على الذكاء الاصطناعي يتطلب مهارات تقنية جديدة.

### ❖ الحلول المستقبلية

- ✧ إنشاء منصات جنائية موحّدة مدعومة بالذكاء الاصطناعي
- ✧ تسمح بتجميع، تحليل، ومقارنة نتائج مختبرات مختلفة في الوقت الحقيقي.

❖ **استخدام تقنيات المعالجة المتوازية والسحابية**

للتعامل مع حجم البيانات الهائل الناتج عن تكامل التحاليل.

❖ **توظيف الذكاء التعاوني(Collaborative AI)**

يسمح بتفاعل الأنظمة الذكية عبر جهات أمنية وعلمية مختلفة.

❖ **التوأمة الرقمية للمسرح الجرمي**

إنشاء نماذج رقمية تحاكي مسرح الجريمة تسمح بإجراء تحاليل محاكاة مستقبلية.

- ✧ **تطوير منظومة وطنية متكاملة** توحّد جميع أدوات التحليل والذكاء الاصطناعي في منصة واحدة.
- ✧ **زيادة الاستثمار في أبحاث الذكاء الاصطناعي الجنائي.**
- ✧ **تعزيز التعاون الدولي** لتبادل الخبرات في مجالات التكامل والتحليل المتقدم.
- ✧ **سن تشريعات تنظيمية** تضمن الاستخدام الأخلاقي والفعال للذكاء الاصطناعي في التحقيقات.

التكامل بين التحاليل الجنائية والذكاء الاصطناعي لم يعد رفاهية، بل ضرورة لمواجهة التهديدات المتطورة كالعبوات الذكية، والمتفجرات الكيميائية المعقدة، والكمائن الرقمية. إنّ المستقبل القريب سيشهد منظومات تحليل جنائي مؤتمتة بالكامل، قادرة على كشف الجريمة قبل وقوعها، وقطع الطريق أمام المجرمين في الزمن الحقيقي.

## 12-12 استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في الكشف الكيميائي والمجهري

شهدت التحاليل الكيميائية والمجهرية قفزة نوعية بفضل إدماج تقنيات الذكاء الاصطناعي (AI) في أدوات الفحص والتشخيص. هذا التكامل فتح آفاقًا واسعة للكشف الدقيق والسريع عن المواد، خاصة في المجالات الحساسة مثل الطب الشرعي، الصناعات الدوائية، الأمن الكيميائي، ومكافحة الإرهاب. يعتمد هذا التقدم على خوارزميات التعلم الآلي (Machine Learning)والتعلم العميق (Deep Learning) وقدرات التحليل التنبئي، التي طورت مستوى الأداء في مختبرات الكشف إلى درجات غير مسبوقة من الدقة والسرعة والموضوعية.

### أولًا: الذكاء الاصطناعي في الكشف الكيميائي

- **تحديد المواد الكيميائية وتحليل أطيافها**
- **التحليل الطيفي باستخدام الذكاء الاصطناعي:**

- تحليل أطياف FTIR و NMRو Ramanباستخدام شبكات عصبية قادرة على التعرّف على البصمة الكيميائية للمركبات.
- تصنيف المواد الكيميائية الخطرة تلقائيًا من خلال قواعد بيانات مدعومة بالتعلم الآلي.

- **تحديد التركيب الكيميائي:**

  - تستخدم خوارزميات التصنيف مثل SVM و Random Forestلتحليل نتائج الكروماتوغرافيا الطيفية (GC-MS/LC-MS) للتعرف على المكونات الكيميائية المعقدة في الخلائط.

- **تطبيقات أمنية**

- **كشف المواد المتفجرة أو السامة:**

- أدوات محمولة مدعومة بالذكاء الاصطناعي لتحليل الأبخرة أو الجزيئات الكيميائية الملتقطة ميدانيًا.
- تصنيف آني لأنواع المتفجرات أو السموم بناءً على التواقيع الكيميائية.

- **تحديد مصدر المادة الكيميائية:**

- تحليل البصمة الكيميائية وتطابقها مع قواعد بيانات المصدر الجغرافي أو الصناعي باستخدام شبكات بايزية أو تعلم عميق.

❖ **التنبؤ بالتفاعلات الكيميائية**

- تستخدم نماذج الذكاء الاصطناعي لمحاكاة التفاعلات الكيميائية مسبقًا والتنبؤ بالنواتج والخصائص الفيزيائية والكيميائية للمركب، مما يقلل من الحاجة للتجريب المباشر.

## ثانيًا: الذكاء الاصطناعي في الفحص المجهري

### اولا: تحليل الصور المجهرية باستخدام الرؤية الحاسوبية

- **تصنيف الجزيئات أو البلورات:**

✧ تستخدم شبكات CNN لتحليل صور المجهر الإلكتروني أو الضوئي بهدف التعرف على الهياكل الجزيئية أو البلورات الكيميائية بدقة تتجاوز قدرة الإنسان.

- **الكشف عن الشوائب أو العيوب المجهرية:**

✧ التعرف على الشوائب في العينات الصناعية أو الدوائية باستخدام تحليل الصور المجهري بواسطة التعلم العميق.

### ثانيا: التشخيص الجنائي البيولوجي

✧ التعرف على أنسجة بشرية، بصمات دم، أو خلايا مجهرية في مسارح الجرائم باستخدام مجاهر رقمية مرتبطة بخوارزميات تصنيف ذكية.

✧ **الكشف عن البكتيريا أو السموم الدقيقة:**

✧ التصنيف الدقيق للعوامل الممرضة أو السموم باستخدام تحليل الأشكال المجهرية وربطها بقاعدة بيانات محدثة آنيًا.

### ثالاثا: لنمذجة التنبؤية ودعم القرار

- **أنظمة خبير مدعومة بالذكاء الاصطناعي:**

✧ تُستخدم لدعم اتخاذ القرار في المختبرات الجنائية والكيميائية بناءً على تحليل البيانات من أجهزة متعددة.

- **التكامل مع إنترنت الأشياء:(IoT)**

✧ أجهزة كشف كيميائي ومجهري ذكية تتصل عبر الإنترنت وترسل النتائج إلى منصات سحابية تقوم بتحليلها بالذكاء الاصطناعي لحظيًا.

## رابعًا: التحديات والفرص

| الفرص | التحديات |
|---|---|
| القدرة على إنشاء قواعد بيانات موسعة من المختبرات | نقص البيانات المصنفة لتدريب النماذج |
| تطوير نماذج "قابلة للتفسير(Explainable AI) " | التفسير المحدود لبعض خوارزميات AI (مثل الشبكات العميقة) |
| تقليل التكاليف على المدى البعيد بفضل الأتمتة | التكاليف العالية في البداية |

## خامسًا: أمثلة على أدوات الذكاء الاصطناعي المستخدمة

| الاستخدام | الأداة/الخوارزمية |
|---|---|
| تصنيف وتحليل الصور المجهرية | CNN (Convolutional Neural Network) |
| تصنيف المركبات الكيميائية | SVM (Support Vector Machine) |
| تحليل بيانات الطيف وتحديد الهوية الكيميائية | Random Forest |
| تصميم نماذج تحليل تلقائي للعينات الكيميائية | AutoML |
| التعرف السريع على مؤشرات مجهرية في الوقت الفعلي | YOLO/Object Detection |

يؤدي الذكاء الاصطناعي دورًا جوهريًا متزايدًا في تطوير طرق الكشف الكيميائي والمجهري، ويعدّ عاملًا حاسمًا في تعزيز جودة وموثوقية النتائج في المجالات الجنائية والطبية والصناعية. ومع تزايد حجم البيانات وتنوع التطبيقات، يُتوقع أن يشهد هذا المجال مزيدًا من الأتمتة والدقة والسرعة، مما يعزز قدرة العلماء والمحققين في التصدي للتهديدات الكيميائية والبيولوجية.

تُعدّ المخدرات والسموم من أخطر التهديدات التي تواجه المجتمع على المستويات الصحية والأمنية والقانونية. فترويجها واستخدامها غير المشروع يؤدي إلى أضرار بالغة على صحة الأفراد والمجتمع ككل، كما تُستخدم أحيانًا

في الجرائم كوسائل لإحداث الضرر أو القتل. لذلك، يكتسب الكشف السريع والدقيق عن هذه المواد أهمية قصوى في الميدان الأمني والجنائي والطبي.

تُقسم عمليات الكشف إلى مرحلتين رئيسيتين: الكشف الميداني السريع، الذي يُجرى في موقع الحادث أو نقطة التفتيش، والتحليل المختبري الدقيق الذي يتم في المختبرات المتخصصة. تهدف هذه المرحلة الثانية إلى تأكيد النتائج المبدئية، وتقديم أدلة دقيقة قابلة للاستخدام القانوني.

## 12-13 أهمية البحث في طرق الكشف

مع تطور تركيب المخدرات والسموم وتعدد أشكالها، تزداد الحاجة إلى أدوات وأساليب متطورة للكشف والتحليل. استخدام الطرق التقليدية فقط لم يعد كافياً، إذ قد تواجه فرق التفتيش تحديات في التعرف على المواد الجديدة أو المخلوطة. بالإضافة إلى ذلك، فإن التقنيات الحديثة توفر دقة وسرعة أكبر مع تقليل الخطأ البشري، مما يساهم في تحسين جودة الأدلة الجنائية والحد من الجرائم المرتبطة بهذه المواد.

- ✧ استعراض وتحليل أهم الطرق الميدانية المستخدمة للكشف عن المخدرات والسموم.
- ✧ تقديم نظرة شاملة على التقنيات المختبرية المستخدمة في التحليل الكيميائي والبيولوجي لهذه المواد.
- ✧ مناقشة الفروق بين الكشف الميداني والتحليل المختبري من حيث الدقة، السرعة، والتكلفة.
- ✧ التعرف على التطورات الحديثة، خاصة دور الذكاء الاصطناعي والتقنيات الرقمية في هذا المجال.
- ✧ اقتراح توصيات لتحسين أداء الكشف والتحليل بما يتناسب مع تحديات العصر.
- ✧ طرق الكشف الكيميائي والبيولوجي لكل من المخدرات والسموم.
- ✧ تقنيات الكشف الميداني السريع.
- ✧ الأجهزة والأدوات المستخدمة في المختبرات الجنائية.
- ✧ الاتجاهات المستقبلية في مجال الكشف والتحليل.

تم الاعتماد على مراجعة الأدبيات العلمية، الدراسات الحديثة، والتقارير الرسمية من مؤسسات الطب الشرعي والأمن. كما تم تحليل دراسات حالة وتطبيقات ميدانية لشرح كيف يتم استخدام الأدوات والتقنيات في الواقع العملي.

## 12-14 المخدرات والسموم – أنواعها وتأثيراتها

### 12-14-1 تعريف المخدرات والسموم

- **المخدرات** :هي مواد تؤثر على الجهاز العصبي المركزي وتسبب تغييرات في المزاج، الإدراك، والسلوك. تشمل المواد القانونية (مثل الكحول والتبغ) والمواد غير القانونية (مثل الحشيش، الهيروين، والكوكايين).
- **السموم** :هي مواد تسبب ضررًا للجسم أو الكائن الحي عند التعرض لها بجرعات معينة، سواء كانت طبيعية (كالسموم النباتية أو الحيوانية) أو صناعية (كالكيماويات الصناعية أو المبيدات).

## 12-14-2 تصنيف المخدرات

- **المخدرات الطبيعية** :مثل الأفيون، الحشيش، وبعض العقاقير المستخلصة من النباتات.
- **المخدرات الاصطناعية** :مثل الأمفيتامينات، الميثامفيتامين، والـLSD.
- **المخدرات شبه الاصطناعية** :مشتقة من مواد طبيعية بتعديل كيميائي، مثل الهيروين.

## 12-14-3 تصنيف السموم

- **سموم نباتية** :مثل الأتروبين، الريسين.
- **سموم حيوانية** :مثل سم الأفعى والعقرب.
- **سموم كيميائية** :مثل المبيدات الحشرية، المعادن الثقيلة (الرصاص، الزئبق).

## 12-14-4 تأثيرات المخدرات والسموم على الجسم

- تأثيرات قصيرة الأمد: تثبيط أو تحفيز الجهاز العصبي، تغييرات في وظائف القلب، فقدان الوعي، التسمم الحاد.
- تأثيرات طويلة الأمد: إدمان، تلف الأعضاء، اضطرابات نفسية، وفيات.

## 12-14-5 أسباب انتشار المخدرات والسموم في المجتمع

- العوامل الاقتصادية والاجتماعية.
- سهولة التهريب والتوزيع.
- ضعف الرقابة القانونية.
- الجهل وقلة الوعي الصحي.

## 12-15 أهمية الكشف الميداني والتحليل المختبري للمخدرات والسموم

### 12-15-1 الدور الحيوي للكشف الميداني

- ✧ **الكشف السريع** :يتيح الكشف الميداني التعرف الفوري على وجود المخدرات أو السموم في موقع الحادث أو نقطة التفتيش، مما يساعد في اتخاذ إجراءات عاجلة مثل الحجز أو العلاج الطارئ.
- ✧ **تقليل المخاطر** :الكشف المبكر يقلل من تعرض الأفراد والفرق الأمنية لهذه المواد الخطرة.
- ✧ **توفير الموارد** :يتيح تحديد المواد بشكل مبدئي قبل إرسال العينات للتحليل المعمق، مما يقلل من الوقت والتكلفة.

### 12-15-2 الدور الدقيق للتحليل المختبري

- ✧ **التأكيد القانوني** :يوفر التحليل المختبري بيانات دقيقة وموثوقة يمكن استخدامها كأدلة في المحاكم.
- ✧ **التعرف على التركيب الكيميائي** :يحدد التركيب الكامل للمادة، بما في ذلك المكونات المخفية أو المواد المخلوطة.
- ✧ **تقييم السموم والجرعات** :يمكن تحديد تركيز السموم لتقييم درجة التسمم والتأثيرات الصحية المحتملة.
- ✧ **البحث العلمي والتطوير** :يستخدم في تطوير طرق علاج جديدة وفهم تأثيرات المواد.

### 12-15-3 التكامل بين الكشف الميداني والتحليل المختبري

- ✧ تكمل كل مرحلة الأخرى لتحقيق أفضل النتائج.
- ✧ الكشف الميداني يوجه التحليل المختبري للتركيز على مواد معينة.
- ✧ التحليل المختبري يؤكد أو ينفي نتائج الكشف الميداني.

### 12-15-4 أثر التقدم التكنولوجي على دقة وكفاءة الكشف والتحليل

- ✧ ظهور أجهزة الكشف المحمولة الذكية.
- ✧ اعتماد التقنيات الرقمية والذكاء الاصطناعي لتحليل البيانات.
- ✧ تطوير كواشف حساسة وقادرة على التعرف على جزيئات صغيرة أو مركبات جديدة.

## 12-16 طرق الكشف الميداني للمخدرات والسموم

يعتبر الكشف الميداني الخطوة الأولى والحاسمة في عمليات التعرف على المخدرات والسموم في المواقع المختلفة. يتميز بسرعة تنفيذه وإمكانية استخدامه في ظروف ميدانية متنوعة، لكنه غالبًا ما يكون تأهيليًا (مبدئيًا) ويحتاج إلى تأكيد مختبري لاحق.

### 12-16-1 الكواشف الكيميائية السريعة(Colorimetric Tests)

- **آلية العمل** :تعتمد على تفاعل كيميائي ينتج تغيرًا في اللون يدل على وجود مادة معينة.
- **أنواعها:**

✧ كواشف ماركوفنيكوف للمخدرات الأفيونية.
✧ كواشف كوليت للمخدرات مثل الكوكايين.
✧ كواشف برازيلسكي للفحص السريع للمواد المتفجرة.

- **مميزاتها:**

✧ سهلة الاستخدام.
✧ رخيصة وسريعة.

- **محدودياتها:**

✧ احتمال نتائج إيجابية كاذبة.
✧ لا تحدد التركيب التفصيلي.

### 12-16-2 الأجهزة المحمولة للكشف الميداني

❖ **مطياف الكتلة المحمول(Portable Mass Spectrometry)**

✧ يسمح بتحليل الجزيئات بدقة عالية حتى في الميدان.
✧ يمكنه التعرف على مخلفات المخدرات والسموم المركبة.

❖ **مطياف الأشعة تحت الحمراء بالأشعة السينية(Portable FTIR)**

- ✧ يحدد البنية الكيميائية للمواد عبر تحليل طيفها.
- ✧ غير متدمّر وسريع.

❖ **جهاز الفحص الأيوني(Ion Mobility Spectrometry - IMS)**

- ✧ يستخدم للكشف عن ذرات أو جزيئات صغيرة في الهواء أو على الأسطح.
- ✧ مستخدم في المطارات لمراقبة المخدرات والمتفجرات.

## 12-16-3 استخدام الكلاب البوليسية والتقنيات البيولوجية

- ✧ الكلاب مدربة على التعرف على روائح المخدرات والسموم بدقة عالية.
- ✧ تستخدم التقنيات البيولوجية مثل الفحوصات المناعية للكشف عن وجود مواد محددة.

## 12-16-4 التقنيات الكهروكيميائية والمجسات الذكية

- ✧ تعتمد على تحليل التغيرات الكهربائية الناتجة عن تفاعل المادة مع مستشعر معين.
- ✧ تقدم دقة وسرعة في الكشف مع إمكانية الربط بأنظمة ذكية لتحليل البيانات.

يعتبر التحليل المختبري الخطوة الأساسية لإثبات وجود المخدرات والسموم بدقة عالية في العينات التي تم جمعها ميدانيًا. يتطلب التحليل استخدام تقنيات متطورة تضمن دقة النتائج وقابليتها للاعتماد القانوني. سنتناول في هذا الفصل أهم الطرق الكيميائية والبيولوجية المستخدمة في المختبرات الجنائية.

## 12-16-5 الكروماتوغرافيا(Chromatography)

❖ **الكروماتوغرافيا الغازية(Gas Chromatography - GC)**

- ✧ تستخدم لفصل وتحليل المركبات العضوية الطيارة وغير الطيارة بعد تحويلها إلى حالة غازية.
- ✧ تُستخدم غالبًا مع مطياف الكتلة (GC-MS) لتحديد المركبات بدقة عالية.
- ✧ مثال: تحليل الهيروين، الكوكايين، الأمفيتامينات.

❖ **الكروماتوغرافيا السائلة عالية الأداء - (High-Performance Liquid Chromatography HPLC)**

- ✧ مناسبة لتحليل المركبات غير الطيارة والحرجة للحرارة.
- ✧ توفر فصلًا عالي الدقة مع زمن تحليل أقل.
- ✧ تستخدم في تحليل السموم النباتية والمعادن الثقيلة.

## 12-16-6 الطيفيات(Spectroscopy)

❖ **مطياف الأشعة فوق البنفسجية والمرئية(UV-VIS)**

- ✧ تعتمد على امتصاص الضوء في نطاق الأشعة فوق البنفسجية والمرئية.
- ✧ تُستخدم في تقدير تركيز المواد الكيميائية.

❖ **مطياف الأشعة تحت الحمراء(Infrared Spectroscopy - IR)**

- ✧ يوفر معلومات عن الروابط الكيميائية في الجزيئات.
- ✧ يساعد في التعرف على التركيب الكيميائي للمخدرات والسموم.

❖ **مطياف الرنين المغناطيسي النووي(Nuclear Magnetic Resonance - NMR)**

- ✧ تقنية متقدمة لتحديد بنية الجزيئات بدقة.
- ✧ تُستخدم في تحليل المركبات الجديدة أو المعقدة.

❖ **مطياف الكتلة(Mass Spectrometry - MS)**

- ✧ يقيس كتلة الجزيئات ويُستخدم مع طرق أخرى مثل GC أو.HPLC
- ✧ يتيح تحديد المركبات بدقة حتى في كميات صغيرة.

## 12-17 التحاليل الحيوية(Bioassays)

❖ **اختبار الإنزيم المرتبط بالممتز المناعي(ELISA)**

- ✧ يعتمد على التفاعل المناعي للكشف عن وجود مواد محددة في العينات.
- ✧ يستخدم للكشف السريع عن المخدرات مثل الأمفيتامينات والكوكايين.

❖ **تقنية تفاعل البوليميراز المتسلسل(PCR)**

- ✧ تستعمل في الكشف عن السموم البيولوجية أو الميكروبات المرتبطة بالتسمم.
- ✧ تقنية حساسة ودقيقة.

### ❖ الأساليب الميكروسكوبية والتحليل العنصري

- ✧ تحليل البقايا الدقيقة للمواد باستخدام المجاهر الضوئية والإلكترونية.
- ✧ دراسة تركيب المواد والبلورات المعدنية المرتبطة بالسموم.

## 12-18 مقارنة بين طرق الكشف الميداني وطرق التحليل المختبري

تعتبر كل من طرق الكشف الميداني والتحليل المختبري مكملة لبعضها البعض في عمليات الكشف عن المخدرات والسموم. ولكل منهما ميزاته وقيوده التي تؤثر على اختيار الطريقة المناسبة في مواقف معينة.

### ❖ مزايا الكشف الميداني

- ✧ **السرعة :**يوفر نتائج سريعة تساعد في اتخاذ قرارات فورية.
- ✧ **سهولة الاستخدام :**لا يحتاج إلى خبرات متخصصة عالية.
- ✧ **التكلفة المنخفضة :**مناسب للاستخدام في مواقف الطوارئ أو نقاط التفتيش.
- ✧ **التنقلية :**يمكن استخدامه في مواقع متعددة وفي ظروف ميدانية متنوعة.

### ❖ قيود الكشف الميداني

- ✧ **دقة محدودة :**قد تنتج نتائج إيجابية أو سلبية كاذبة.
- ✧ **عدم التحديد التفصيلي :**لا يوفر معلومات دقيقة عن التركيب الكيميائي الكامل.
- ✧ **اعتماد على المؤشرات البصرية :**قد تؤثر العوامل الخارجية على دقة القراءة.

### ❖ مزايا التحليل المختبري

- ✧ **دقة عالية :**يوفر تأكيدًا علميًا دقيقًا وموثوقًا.
- ✧ **تحديد التركيب الكامل :**يمكن الكشف عن المواد المخفية والمركبات المختلطة.
- ✧ **قابلية للاستخدام القانوني :**نتائج معترف بها في المحاكم.
- ✧ **تعدد التقنيات :**إمكانية استخدام أساليب متنوعة تناسب أنواعًا مختلفة من العينات.

❖ **قيود التحليل المختبري**

✧ **تكلفة مرتفعة :**تحتاج إلى تجهيزات وأجهزة متطورة.

✧ **الوقت :**قد يستغرق التحليل وقتًا أطول.

✧ **الحاجة للخبرة :**يتطلب خبراء مختبرات مؤهلين.

## 12-19 التكامل بين الطريقتين

✧ **الاستفادة من المزايا :**يبدأ الكشف بالميداني ثم يتم تأكيده في المختبر.

✧ **تحسين كفاءة العمل :**يقلل من الوقت والتكلفة مع الحفاظ على دقة النتائج.

✧ **تعزيز الأمان :**يقلل من تعرض الأفراد للمواد الخطرة.

## 12-20 تطبيقات الذكاء الاصطناعي في الكشف والتحليل المختبري للمخدرات والسموم

شهد مجال الكشف عن المخدرات والسموم والتحليل المختبري تطورات كبيرة مع دخول تقنيات الذكاء الاصطناعي (AI) وتعلم الآلة .(Machine Learning) تتيح هذه التقنيات تحسين دقة الكشف، تسريع التحليل، وتقليل الأخطاء البشرية، مما يرفع من كفاءة العمل الجنائي والبحثي.

### 12-20-1 استخدام الذكاء الاصطناعي في الكشف الميداني

✧ **أجهزة ذكية معتمدة على :AI** تُدمج تقنيات الذكاء الاصطناعي مع أجهزة الكشف المحمولة لتحليل البيانات اللحظية والتعرف على أنماط كيميائية معقدة بسرعة ودقة.

✧ **التعرف الصوتي والبصري** :تستخدم تقنيات رؤية الحاسوب لتحليل صور العينات أو استشعار الروائح باستخدام مجسات إلكترونية متطورة مدعومة بالذكاء الاصطناعي.

✧ **تحليل البيانات متعددة المصادر** :تجمع أنظمة الذكاء الاصطناعي البيانات من مصادر متعددة (كالكواشف الكيميائية، الأجهزة المحمولة، وتقارير الكلاب البوليسية) وتدمجها لاتخاذ قرار موثوق.

## 12-21 تطبيقات الذكاء الاصطناعي في التحليل المختبري

### 12-21-1 تحليل الطيفيات والكروماتوغرافيا

- ✧ استخدام خوارزميات تعلم الآلة لتحليل طيف الأشعة تحت الحمراء، مطياف الكتلة، والكروماتوغرافيا، مما يسرع تفسير النتائج ويكشف عن مركبات جديدة أو مكونات مخفية.
- ✧ الشبكات العصبية العميقة (Deep Neural Networks) تستخدم في التمييز بين المركبات الكيميائية المتشابهة بصريًا.

### 12-21-2 الكشف عن المخدرات والسموم من خلال التعلم الآلي

- ✧ نماذج تصنيف مبنية على مجموعات بيانات ضخمة لتحديد أنواع المخدرات والسموم بدقة عالية.
- ✧ أنظمة التعلم غير الخاضع للإشراف (Unsupervised Learning) لاكتشاف مواد غير معروفة أو مركبات جديدة من خلال تحليل بيانات العينات.

### 12-21-3 التنبؤ بالتأثيرات السمية

- ✧ تستخدم نماذج الذكاء الاصطناعي لتوقع التأثيرات السمية للمركبات الجديدة، مما يساعد في تقييم المخاطر الصحية قبل انتشارها.

❖ **التحديات والمستقبل**

- ✧ **الحاجة إلى بيانات ضخمة ومنظمة** :يعتمد الذكاء الاصطناعي على جودة وكمية البيانات للتدريب.
- ✧ **التكامل مع الأجهزة التقليدية** :ضرورة تطوير واجهات تسمح بدمج الذكاء الاصطناعي مع أدوات الكشف الحالية.
- ✧ **الأمان والخصوصية** :حماية البيانات وضمان دقة وموثوقية الأنظمة الذكية.
- ✧ **التطور المستقبلي** :توقع انتشار أجهزة الكشف الذكية المستقلة والطائرات بدون طيار لجمع العينات وتحليلها ميدانيًا.

## 12-22 دراسات حالة وتطبيقات عملية لتقنيات الكشف والتحليل في المجال الجنائي

### 12-22-1 دراسة حالة: استخدام الذكاء الاصطناعي في مطار دولي

- ✧ **الوضع :**مطار دولي يواجه تحديات في الكشف السريع عن المخدرات والسموم مع زيادة حجم المسافرين.
- ✧ **التقنية المستخدمة :**دمج أجهزة كشف محمولة مزودة بخوارزميات تعلم عميق لتحليل العينات سريعًا.
- ✧ **النتائج :**زيادة نسبة الكشف الناجح وتقليل الوقت المستغرق للفحص بنسبة 40.%

- **الفائدة :**تحسين الأمن مع تقليل التأخير في حركة المسافرين.

### 12-22-2 دراسة حالة: الكشف عن السموم في مسرح جريمة تسمم

- **الوضع :**حادث تسمم جماعي حيث تم جمع عينات دم وأطعمة من الضحايا.
- **التحليل :**استخدام كروماتوغرافيا عالية الأداء مرتبطة بمطياف الكتلة مدعومة بخوارزميات تصنيف AI لتحليل البيانات.
- **النتائج :**تم التعرف على مركب سام جديد بسرعة عالية، ما أدى لتقديم علاج مناسب وتقليل الوفيات.
- **الفائدة :**تعزيز سرعة ودقة التشخيص في حالات الطوارئ الطبية.

### 12-22-3 تطبيق عملي: الكلاب البوليسية والذكاء الاصطناعي

- **الوصف :**تدريب الكلاب البوليسية على التعرف على روائح محددة للمخدرات والسموم مدعومًا بتقنيات الذكاء الاصطناعي لتحليل سلوك الكلب وإشاراته.
- **النتائج :**زيادة دقة التعرف وتقليل الأخطاء البشرية في تفسير سلوك الكلب.
- **الفائدة :**تحسين كفاءة فرق الكشف في مواقع متعددة.

### 12-22-4 تطبيق: الكشف باستخدام الطائرات بدون طيار (الدرون)

- **الوضع :**مراقبة مناطق يصعب الوصول إليها للكشف عن تهريب المخدرات.
- **التقنية :**استخدام طائرات بدون طيار مزودة بأجهزة كشف كيميائية محمولة وخوارزميات ذكاء اصطناعي لتحليل البيانات لحظيًا.
- **النتائج :**كشف عمليات التهريب المخفية بشكل مبكر.
- **الفائدة :**تعزيز قدرات المراقبة وتقليل المخاطر على الفرق الأمنية.

## 12-23 التحديات والفرص المستقبلية في مجال الكشف والتحليل للمخدرات والسموم

يشهد مجال الكشف عن المخدرات والسموم والتحليل المختبري تطورات متسارعة بفضل التقدم في تقنيات الذكاء الاصطناعي والأجهزة الحديثة. مع ذلك، تواجه هذه المجالات تحديات عدة تستوجب البحث المستمر واستغلال الفرص الناشئة لتحسين الأداء والموثوقية.

### 12-23-1 التحديات الرئيسية

❖ **جودة وتنوع البيانات**

✧ تعتمد تقنيات الذكاء الاصطناعي بشكل كبير على توفر بيانات ضخمة ومنظمة لتدريب النماذج.
✧ نقص البيانات النوعية أو وجود بيانات غير ممثلة يمكن أن يؤدي إلى نتائج غير دقيقة أو متحيزة.

❖ **التكامل التقني**

✧ دمج تقنيات الذكاء الاصطناعي مع الأجهزة التقليدية للكشف والتحليل يواجه تحديات برمجية وهندسية.
✧ الحاجة لتطوير بروتوكولات اتصال وتنسيق بين الأنظمة المختلفة.

❖ **الأمان والخصوصية**

✧ حماية البيانات الخاصة بالمستخدمين والضحايا تعتبر من الأولويات.
✧ ضرورة تطبيق إجراءات صارمة للحفاظ على سرية المعلومات.

❖ **التكلفة والتمويل**

✧ التكاليف العالية لتطوير وصيانة تقنيات الذكاء الاصطناعي والأجهزة المتقدمة قد تكون عائقًا أمام بعض الجهات.

### 12-23-2 الفرص المستقبلية

❖ **التطور في خوارزميات التعلم العميق**

✧ تحسين قدرة النماذج على التعرف على الأنماط المعقدة والتنبؤ بالمخاطر الصحية.
✧ إمكانية اكتشاف مركبات جديدة دون الحاجة لعينات تدريب مسبقة.

❖ **أجهزة الكشف الذكية المتنقلة**

✧ تطوير أجهزة أصغر حجماً وأكثر دقة وسرعة مع قدرة على الاتصال بالإنترنت وتحليل البيانات السحابية.
✧ دعم عمليات الكشف الميداني بصورة أفضل.

❖ **التكامل مع تقنيات الإنترنت الأشياء(IoT)**

- ✧ ربط أجهزة الكشف والتحليل بشبكة إنترنت الأشياء لتمكين المراقبة اللحظية والتحليل المتقدم.
- ✧ استخدام البيانات الكبيرة (Big Data) لتحسين نماذج الكشف والتنبؤ.

❖ **التعاون الدولي والبحث المشترك**

- ✧ تبادل البيانات والمعرفة بين المؤسسات العالمية لتعزيز كفاءة الكشف والتحليل.
- ✧ تطوير معايير عالمية للاستخدام القانوني والتقني.

❖ **توصيات**

- ✧ تعزيز الاستثمار في البحث والتطوير في مجالات الذكاء الاصطناعي وتطبيقاته الجنائية.
- ✧ توفير تدريب متخصص للعاملين في المختبرات والفرق الميدانية.
- ✧ تعزيز التعاون بين القطاعين العام والخاص لتطوير حلول متكاملة.
- ✧ تطبيق سياسات واضحة لحماية البيانات والخصوصية.

في ضوء التطورات العلمية والتقنية الحديثة، أصبح الذكاء الاصطناعي أداة محورية في مجال الكشف والتحليل المختبري للمخدرات والسموم، مما أحدث نقلة نوعية في سرعة ودقة عمليات الكشف الجنائي. تقنيات الذكاء الاصطناعي، مثل تعلم الآلة، الشبكات العصبية العميقة، والرؤية الحاسوبية، ساعدت في تحسين جودة النتائج وتقليل الأخطاء البشرية، فضلاً عن تقديم حلول مبتكرة للكشف الميداني والاختبار المختبري.

شهدنا خلال الفصل كيف أن الذكاء الاصطناعي يمكن أن يعزز من:

- ✧ دقة الكشف وتحليل العينات المركبة والمعقدة.
- ✧ سرعة استجابة فرق العمل الميداني والمختبرات.
- ✧ القدرة على التنبؤ بالسموم والمخدرات الجديدة من خلال تحليل البيانات والتعلم المستمر.
- ✧ التكامل بين أجهزة الكشف المختلفة لتوفير نظام شامل وفعال.

### 12-23-4 التوصيات النهائية

- ✧ **تعزيز اعتماد تقنيات الذكاء الاصطناعي في جميع مراحل الكشف والتحليل :**من الكشف الميداني إلى التحليل المختبري، يجب دمج حلول الذكاء الاصطناعي لتحسين الأداء وتقليل الاعتماد على الطرق التقليدية فقط.

- **تطوير بنية تحتية رقمية متقدمة :**تشمل قواعد بيانات ضخمة ومنظمة، ونظم إدارة بيانات فعالة لضمان جودة البيانات التي تغذي أنظمة الذكاء الاصطناعي.
- **التدريب والتأهيل المستمر :**تدريب الكوادر المختبرية والميدانية على استخدام الأدوات الذكية وتفسير نتائجها بدقة.
- **تشجيع البحث والتطوير :**دعم الابتكار في خوارزميات الذكاء الاصطناعي وتحسينها لتتناسب مع تطورات المواد المخدرة والسموم الجديدة.
- **تعزيز التعاون الدولي :**تبادل الخبرات والبيانات بين المؤسسات العالمية لضمان تحديث النماذج الذكية وتطويرها بما يتناسب مع التهديدات الجديدة.
- **الاهتمام بالأخلاقيات وحماية الخصوصية :**وضع أطر تنظيمية واضحة تحكم استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في المجال الجنائي، مع احترام حقوق الأفراد وحماية بياناتهم.

### 12-23-5 الرؤية المستقبلية

من المتوقع أن يلعب الذكاء الاصطناعي دورًا أكبر في المستقبل في مكافحة الجريمة المرتبطة بالمخدرات والسموم، عبر استخدام:

- أنظمة ذكاء اصطناعي متقدمة قادرة على التعلم الذاتي وتكييف نفسها مع التغيرات.
- دمج الذكاء الاصطناعي مع تقنيات إنترنت الأشياء لتوفير مراقبة دائمة ومباشرة.
- استخدام الروبوتات والطائرات بدون طيار لجمع العينات وتحليلها ميدانيًا.

بهذه الخطوات، سيصبح الكشف عن المخدرات والسموم أكثر دقة وأمانًا، مما يسهم في حماية المجتمع وتعزيز سيادة القانون.

# الـــــفصل الثالث عشر

# المتفجرات ومخلفات الحريق وأنواعها

## 13-1 المتفجرات ومخلفات الحريق وأنواعها

المتفجرات ومخلفات الحريق من المواد التي تلعب دورًا حاسمًا في التحقيقات الجنائية والطب الشرعي. فهم طبيعة هذه المواد وأنواعها يساعد في الكشف والتحليل الدقيق للحوادث الإجرامية أو الحوادث العرضية التي تشمل انفجارات أو حرائق. في هذا الفصل سنقدم تعريفا واضحًا للمتفجرات ومخلفات الحريق، ونستعرض أنواعها وخصائصها.

## 13-2 تعريف المتفجرات

المتفجرات هي مواد كيميائية أو مركبات قادرة على إطلاق طاقة هائلة في فترة زمنية قصيرة، عبر تفاعلات كيميائية سريعة تؤدي إلى انفجار. يتم استخدام المتفجرات في أغراض متعددة منها البناء، التعدين، والأغراض العسكرية، ولكنها قد تستخدم أيضًا في أعمال إجرامية أو إرهابية.

### 13-2-1 أنواع المتفجرات

- **المتفجرات الأولية:(Primary Explosives)**

  هي متفجرات حساسة للغاية، تنفجر بسهولة عند التعرض للصدمات أو الحرارة أو الشرر، وتستخدم عادة لتحفيز المتفجرات الثانوية. أمثلة عليها: نترات الزئبق، نترات الرصاص.

- **المتفجرات الثانوية:(Secondary Explosives)**

  أقل حساسية وأكثر أمانًا في التعامل، تستخدم في معظم التطبيقات. تحتاج إلى متفجرات أولية لإشعالها. أمثلة : TNT(ثلاثي نترات التولوين)، الديناميت، و.RDX

- **المتفجرات الصناعية والطبيعية:**

  تختلف بناءً على المصدر الكيميائي، فالمتفجرات الصناعية مثل السي4 وTNT، بينما المتفجرات الطبيعية تشمل النيترات الأمونيوم المستخدمة في الأسمدة والتي يمكن أن تكون متفجرة.

### 13-2-3 تعريف مخلفات الحريق

مخلفات الحريق هي المواد والمواد الكيميائية التي تبقى بعد وقوع حريق، سواء كانت ناجمة عن احتراق المواد العضوية أو غير العضوية، أو من التفاعلات الكيميائية الناتجة عن الحريق نفسه. تتيح دراسة هذه المخلفات معرفة أسباب الحريق وطبيعته.

❖ **أنواع مخلفات الحريق**

✧ **المخلفات الكيميائية:**

تشمل الأجسام المتفحمة، الرماد، وأي مواد كيميائية متغيرة نتيجة التعرض للحرارة.

✧ **المخلفات الفيزيائية:**

تشمل التشوهات والآثار الفيزيائية على المواد كالتحجر، التآكل، ووجود سوائل أو بقايا غير محترقة.

## 13-3 الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمتفجرات ومخلفات الحريق

✧ **الخصائص الفيزيائية:**

تشمل اللون، الرائحة، القوام، درجة الانصهار، والانفجار، بالإضافة إلى قابلية التفكك والتطاير.

✧ **الخصائص الكيميائية:**

تتعلق بتركيب المادة وتفاعلاتها مع العوامل المختلفة مثل الحرارة، الضغط، والأكسجين.

## 13-4 أهمية التعرف على المتفجرات ومخلفات الحريق

تحديد نوع المتفجرات ومخلفات الحريق بدقة يساعد المحققين في:

✧ فهم كيفية وقوع الحادث.

✧ تحديد مصادر المتفجرات أو المواد المشتعلة.

✧ التمييز بين الحوادث العرضية والجنائية.

✧ دعم الأدلة في المحاكم.

## 13-5 الأساليب الميدانية لكشف المتفجرات ومخلفات الحريق

تمثل الأساليب الميدانية الخطوة الأولى في التحقيقات الجنائية المتعلقة بالانفجارات أو الحرائق. وتعتمد هذه الأساليب على الفحص البصري، الأدوات المحمولة، وتقنيات التحليل الأولي لتحديد مواقع التفجير الاشتعال، وجمع العينات وتحليلها. يساهم هذا الفصل في استعراض أبرز هذه الأساليب، مع التركيز على مدى دقتها وكفاءتها في التعامل مع الأدلة الحساسة.

## 13-6 الإجراءات الأولية في موقع الحادث

❖ **تأمين الموقع**

قبل أي فحص أو تحليل، يجب تأمين موقع الانفجار أو الحريق من قبل الجهات المختصة (الشرطة أو فرق المتفجرات) لمنع التلوث أو العبث بالأدلة. تشمل الخطوات:

- ✧ منع دخول غير المختصين.
- ✧ وضع علامات لتحديد مناطق الانفجار.
- ✧ توثيق الحالة الأصلية للموقع باستخدام التصوير الفوتوغرافي أو الفيديو.

## 13-6-1 الفحص البصري الأولي

- ✧ ملاحظة الروائح غير المألوفة (مثل رائحة البنزين، أو مركبات النترو).
- ✧ البحث عن فُتات، عبوات مشبوهة، أو بقايا صواعق كهربائية.
- ✧ فحص التشققات في الجدران أو تغير لون الأسطح.

## 13-7 طرق جمع العينات الميدانية

❖ **جمع بقايا المتفجرات**

- ✧ يتم استخدام ملاقط غير معدنية لتجنب التفاعل مع المواد الحساسة.
- ✧ تخزين العينات في حاويات زجاجية محكمة الإغلاق.
- ✧ وسم العينات ببطاقات تعريف واضحة.

❖ **جمع مخلفات الحريق**

- ✧ تشمل الرماد، بقايا الأسلاك، الأخشاب المتفحمة.
- ✧ تؤخذ من أكثر من نقطة داخل وخارج مركز الحريق.
- ✧ تغلف في أكياس مقاومة للحرارة.

## 13-8 الأدوات والتقنيات الميدانية المستخدمة

## 13-8-1 كواشف الأبخرة المتفجرة(Explosive Vapor Detectors)

- ✧ تعتمد على استشعار أبخرة المواد المتفجرة.
- ✧ دقيقة وسريعة الاستخدام في المطارات والمواقع الحساسة.

### 13-8-2 كلاب الكشف الجنائي

- ✧ مدربة على شم أنواع معينة من المتفجرات أو السوائل الحارقة.
- ✧ فعالة في تحديد مواقع المواد حتى لو كانت مخفية أو مغطاة.

### 13-8-3 أوراق اختبار كيميائي سريع

- ✧ تتفاعل مع أنواع محددة من المتفجرات أو الوقود لتغيير اللون.
- ✧ سهلة الحمل ومفيدة للمسح الميداني السريع.

## 13-9 تحديات العمل الميداني

- ✧ **تأثير الظروف الجوية :**الرياح أو الأمطار قد تشتت الأدلة الكيميائية.
- ✧ **تداخل الروائح أو التلوث :**صعوبة في التمييز بين مواد متعددة في نفس الموقع.
- ✧ **الحساسية العالية لبعض المتفجرات :**قد تنفجر عند محاولة نقلها أو لمسها.

## 13-10 أهمية التوثيق الدقيق في الميدان

- ✧ يجب تسجيل كافة الملاحظات والتفاصيل المتعلقة بالعينات والموقع.
- ✧ يساعد التوثيق في مطابقة النتائج الميدانية مع نتائج التحليل المختبري لاحقًا.

## 13-11 التحليل المختبري للمتفجرات ومخلفات الحريق

بعد جمع العينات من موقع الانفجار أو الحريق، تُنقل إلى المختبر الجنائي لإجراء تحليل دقيق يساعد في تحديد نوع المادة المتفجرة أو العامل المسرّع للحريق. تتطلب هذه المرحلة تقنيات علمية متقدمة وإجراءات دقيقة لضمان دقة النتائج. في هذا الفصل، نستعرض أهم الطرق الكيميائية والفيزيائية المستخدمة لتحليل العينات، إلى جانب المعايير المعتمدة لضمان موثوقية البيانات.

## 13-12 تجهيز العينات وتحضيرها

❖ **تنظيف العينات**

✧ إزالة أي ملوثات خارجية قد تؤثر على نتائج التحليل.
✧ استخدام مذيبات عضوية خفيفة أو ماء مقطر حسب نوع العينة.

❖ **فصل مكونات العينة**

✧ تستخدم طرق الاستخلاص بالمذيبات أو التقطير لفصل المواد القابلة للتحليل.
✧ يتم تركيز العينة في أنابيب اختبار خاصة للتحليل الدقيق.

## 13-13 تقنيات التحليل الكيميائي المستخدمة

❖ **كروماتوغرافيا الغاز(GC)**

✧ فعالة في فصل وتحليل المركبات العضوية المتطايرة مثل آثار البنزين أو التولوين.
✧ تُستخدم لاكتشاف المسرّعات في جرائم الحريق.

❖ **كروماتوغرافيا الغاز مع مطياف الكتلة(GC-MS)**

✧ توفر تحليلاً دقيقًا لتركيب المادة المتفجرة وتحديد المركبات الفردية.
✧ تُعد من أكثر الأساليب موثوقية في قضايا الإرهاب والانفجارات.

❖ **التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء(FTIR)**

✧ يسمح بتحديد البصمة الجزيئية للمادة.
✧ يمكن بواسطته التعرف على مركبات النترو، البيروكسيدات، أو مواد النترات.

❖ **التحليل الطيفي بالأشعة فوق البنفسجية(UV-Vis)**

✧ يستخدم لقياس الامتصاص الطيفي لبعض المركبات الكيميائية.
✧ دقيق في الكشف عن نترات الأمونيوم ومشتقاتها.

## 13-14 التحليل المجهري

❖ **المجهر الضوئي**

✧ يُستخدم لمراقبة بقايا المواد المتفجرة الدقيقة، وخصائصها الفيزيائية.

❖ **المجهر الإلكتروني الماسح(SEM)**

✧ يمكن من خلاله دراسة سطح بقايا المواد المتفجرة، وتحديد التركيب الدقيق لجزيئات المواد الصلبة.

✧ يُرفق غالبًا بمحلل طيفي للأشعة السينية (EDX) لمعرفة العناصر.

## 13-15 الكشف عن مواد معينة

| المادة | التقنية المفضلة | الملاحظات |
|---|---|---|
| TNT | GC-MS, FTIR | قابل للكشف بسهولة |
| RDX | HPLC, FTIR | يحتاج إلى إذابة مناسبة |
| نترات الأمونيوم | UV-Vis, IR | من أكثر المواد استخدامًا في العبوات البدائية |
| بنزين أو تولوين | GC, GC-MS | من أبرز المسرّعات في الحرائق المتعمدة |

### 13-15-1 ضبط الجودة والتحقق من النتائج

✧ **التحقق المخبري المتبادل :**يتم مقارنة النتائج بين مختبرات مختلفة.

✧ **استخدام عينات معيارية :**للتحقق من صحة الجهاز المستخدم.

✧ **تحليل العينات الفارغة :(Blank Samples)** للتأكد من عدم وجود تلوث.

### 13-15-2 أهمية التحليل المختبري في السياق القانوني

✧ تعتبر نتائج التحليل المختبري دليلاً حاسماً في المحكمة.

✧ تحدد نوع المتفجر أو المسرّع، وتربطه بالمواد المصادرة أو المتهم.

✧ يتم تقديم تقارير مكتوبة تشمل الإجراءات، النتائج، والاستنتاجات العلمية.

## 13-16 استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في تحليل المتفجرات ومخلفات الحريق

يشهد مجال التحقيقات الجنائية تطورًا متسارعًا بفضل إدخال تقنيات الذكاء الاصطناعي (AI) في التحليل الكيميائي والمجهري للمتفجرات ومخلفات الحرائق. تُستخدم هذه التقنيات لتعزيز سرعة ودقة الفحص، واستخلاص الأنماط المعقدة، وربط الأدلة بمصادرها بشكل آلي. في هذا الفصل، نستعرض كيف تسهم خوارزميات الذكاء الاصطناعي في تسريع وتطوير عملية تحليل الأدلة الكيميائية والمجهرية.

## 13-17 تطبيقات الذكاء الاصطناعي في التحليل الكيميائي

❖ **التعلم الآلي (Machine Learning) في تصنيف المركبات**

✧ **الخوارزميات المستخدمة :**مثلSVM ، Decision Trees، Random Forests.

✧ **الاستخدام :**تحليل أطياف FTIR أو GC-MS وتحديد نوع المادة المتفجرة بناءً على خصائصها الطيفية.

❖ **الشبكات العصبية في التعرف على المواد المعقدة**

✧ تُستخدم لتدريب نماذج على آلاف البيانات الطيفية والتعرف التلقائي على نمط معين يشير إلى مادة مثل RDX أو.PETN

✧ تعزز الدقة من خلال تقليل الأخطاء البشرية.

❖ **الاستخلاص الآلي للملامح الكيميائية**

- تستخدم خوارزميات استخراج الخصائص Feature Extraction لعزل إشارات المواد النشطة من البيانات المعقدة، مما يتيح تسريع العمليات التحليلية.

## 13-18 الذكاء الاصطناعي في التحليل المجهري

❖ **الرؤية الحاسوبية(Computer Vision)**

✧ **الاستخدام :**تحليل صور المجهر الإلكتروني SEM لاكتشاف بصمات سطحية للمخلفات.

✧ **الخوارزميات**YOLO :، CNN، Faster-RCNN، تساعد على تصنيف الجزيئات وفقًا لشكلها وملمسها.

### ❖ تحليل صور مخلفات الحريق

- ✧ تقوم أنظمة الذكاء الاصطناعي بتحليل نمط احتراق المواد وتوزيع اللهب لتحديد مصدر الحريق.
- ✧ تُستخدم خوارزميات تتبع التغيرات اللونية والحرارية لتحديد إذا ما كان الحريق متعمدًا.

## 13-19 دمج الذكاء الاصطناعي في أنظمة الكشف الميداني

### ❖ أجهزة كشف ذكية

- ✧ أجهزة تحتوي على حساسات تحليل كيميائي متصلة بخوارزميات تحليل لحظي.
- ✧ تستخدم في المطارات، الحدود، أو مواقع الاشتباه للكشف عن المتفجرات في الهواء أو على الأسطح.

### ❖ الطائرات دون طيار (Drones) مع أنظمةAI

- ✧ تحليل بصري ومجهر حراري لمواقع الانفجار أو الحريق.
- ✧ تُبرمج لاكتشاف تركيزات غير طبيعية لمواد مثل البنزين أو نترات الأمونيوم.

## 13-20 تحديات وتوصيات في استخدام الذكاء الاصطناعي

| التوصية | التأثير | التحدي |
|---|---|---|
| **إنشاء قواعد بيانات جنائية موسعة** | **ضعف دقة النموذج** | **نقص بيانات التدريب** |
| **تعزيز الخوارزميات بتقنيات التعلم العميق** | **نتائج مضللة** | **تداخل المواد في الأدلة** |
| **دمج أنظمة معايرة آلية مع الذكاء الاصطناعي** | **أخطاء تحليلية** | **مشكلات المعايرة** |
| توثيق منهجية الذكاء الاصطناعي بشكل شفاف | قبول المحكمة للنتائج | تفسيرات قانونية |

## 13-21 حالات دراسية

### ❖ قضية تحليل انفجار باستخدامGC-MS + AI

- ✧ تم تدريب نموذج تعلم آلي على 2000 طيف مختلف من مواد متفجرة.
- ✧ استطاع النموذج التمييز بين TNT و RDXبدقة 97.%

### ❖ الكشف الذكي عن بقايا الحريق

- ✧ استخدم نظام رؤيا حاسوبية لتحليل صور الحريق.
- ✧ كشف النمط المتعمد للانتشار الأفقي للّهب، مما دلّ على استخدام مسرّع.

لقد ساهم الذكاء الاصطناعي في تحويل طريقة التعامل مع أدلة المتفجرات ومخلفات الحريق من تحليل يدوي بطيء إلى تحليل ذكي وسريع ودقيق. ومع تطور هذه التقنيات، يتوقع أن يصبح الذكاء الاصطناعي أداة أساسية في مختبرات الأدلة الجنائية، بل وفي أنظمة الإنذار المبكر والكشف الميداني.

## 13-22 التحديات القانونية والأخلاقية في استخدام الذكاء الاصطناعي لتحليل المتفجرات والأدلة الكيميائية

مع تسارع استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في مجال كشف وتحليل المتفجرات ومخلفات الحريق، بدأت تظهر تساؤلات عميقة تتعلق بالجوانب القانونية والأخلاقية لهذا الاستخدام. في حين أن هذه التقنيات تسهم في تسريع وتدقيق التحليل الجنائي، إلا أنها تطرح إشكاليات مرتبطة بالخصوصية، الشفافية، المسؤولية القانونية، ومدى اعتماد القضاء على نتائج غير بشرية.

### 13-22-1 الإطار القانوني لاستخدام الذكاء الاصطناعي في التحقيق الجنائي

#### ❖ مشروعية الدليل المعتمد على الذكاء الاصطناعي

- ✧ في كثير من الأنظمة القضائية، يُشترط أن يكون الدليل العلمي **قابلًا للتكرار** وذو **مصداقية**.
- ✧ تحدي الذكاء الاصطناعي يكمن في كونه "صندوقًا أسود(Black Box) "، يصعب تفسير آلية اتخاذه للقرار.

#### ❖ الحاجة إلى تنظيم تشريعي واضح

- ✧ لا تزال العديد من الدول تفتقر إلى تشريعات تنظم استخدام الذكاء الاصطناعي في الطب الشرعي.
- ✧ غياب المعايير يُصعّب تقديم الأدلة المعتمدة على AI أمام المحاكم.

❖ **الأدلة الرقمية والمعالجة الآلية**

✧ هل يعتبر تحليل المجهر الإلكتروني الذي أُجري عبر خوارزمية AI دليلًا مقبولًا؟
✧ بعض المحاكم تتطلب "شرحًا علميًا" لفهم كيفية توليد نتائج الذكاء الاصطناعي.

## 13-22-2 التحديات الأخلاقية

❖ **الخصوصية وانتهاك البيانات**

✧ تحليل مخلفات الحريق قد يتطلب جمع عينات من ممتلكات خاصة، ما يثير قضايا الخصوصية.
✧ نظم الذكاء الاصطناعي المرتبطة بسحب البيانات قد تخزن معلومات حساسة دون علم الأطراف.

❖ **التحيّز الخوارزمي(Algorithmic Bias)**

- إذا تم تدريب الخوارزميات على بيانات محدودة أو غير متنوعة، فقد تؤدي إلى نتائج غير دقيقة.
- مثال: خوارزمية تصنف نترات الأمونيوم كمادة مشبوهة بشكل دائم دون مراعاة السياق المشروع لاستخدامها.

❖ **تهميش القرار البشري**

✧ الاعتماد على الذكاء الاصطناعي قد يؤدي إلى تراجع دور الخبير البشري في تقييم النتائج.
✧ قد تفترض الجهات القضائية أن الذكاء الاصطناعي لا يخطئ، مما يُضعف النقد المهني للنتائج.

## 13-22-3 المسؤولية القانونية والأخطاء المحتملة

❖ **من يتحمّل الخطأ؟**

✧ في حال قدم نظام ذكاء اصطناعي نتائج خاطئة، من المسؤول؟ المبرمج؟ المُصنِّع؟ المحقق؟
✧ غياب أطر المسؤولية القانونية يعقّد التحقيق في أخطاء تحليل الأدلة.

❖ **نتائج قد تؤدي إلى إدانات خاطئة**

✧ استخدام خوارزمية مصابة بتحيزات أو غير مدرّبة جيدًا قد يؤدي إلى تصنيف خاطئ لمادة متفجرة.

✧ هذا قد ينتج عنه إدانة غير عادلة أو تشويه لمسار التحقيق.

## 13-22-4 المبادئ الموصى بها لاستخدام أخلاقي وقانوني

| التوصية | التفسير | المبدأ |
|---|---|---|
| استخدام خوارزميات قابلة للتفسير | يجب فهم كيف ولماذا تقدم الخوارزمية نتيجة معينة | الشفافية |
| استخدام بيانات متنوعة وواسعة | تجنّب التحيّز في تدريب النموذج | العدالة |
| تأمين تخزين البيانات وتحليلها | حماية بيانات التحقيق والمشتبه بهم | الخصوصية |
| توثيق مراحل تطوير واستخدام النظام | تحديد مسؤول عن نتائج النظام | المساءلة |

## 13-22-5 دور الخبراء القانونيين والتقنيين

### ❖ من الضروري التعاون بين:

✧ **الخبراء القانونيين :**لوضع إطار تنظيمي مقبول للأدلة.

✧ **خبراء الذكاء الاصطناعي :**لضمان تصميم أنظمة موثوقة وشفافة.

✧ **المحققين الجنائيين :**لفهم حدود وقدرات الذكاء الاصطناعي، دون الاعتماد المطلق عليه.

رغم الإمكانات الهائلة التي يقدمها الذكاء الاصطناعي في كشف المتفجرات وتحليل مخلفات الحريق، إلا أن استخدامه يفرض تحديات قانونية وأخلاقية تستدعي المعالجة العاجلة. إن تطوير إطار تشريعي وأخلاقي يضمن الاستخدام العادل والفعال لهذه التقنيات سيعزز من شرعيتها ويزيد من ثقة النظام القضائي بها.

### ❖ هات المستقبلية والابتكارات في كشف المتفجرات باستخدام الذكاء الاصطناعي

شهد العقد الأخير تقدمًا هائلًا في تقنيات الذكاء الاصطناعي، لا سيما في مجال تحليل المواد الكيميائية والمتفجرات. ومع تطور مستشعرات نانوية، وبيانات ضخمة، وشبكات عصبية عميقة، أصبح من الممكن التنبؤ بالمخاطر الأمنية

وكشف الأدلة الجنائية بشكل لم يكن ممكنًا سابقًا. في هذا الفصل، نستعرض أبرز الابتكارات التي تُعيد تشكيل مستقبل كشف المتفجرات ومخلفات الحريق.

## 13-23 دمج تقنيات الذكاء الاصطناعي مع الاستشعار الذكي

### 13-23-1 أجهزة الاستشعار الذكية(Smart Sensors)

- ✧ تعتمد على حساسات متطورة يمكنها رصد آثار كيميائية دقيقة) مثل جزيئاتTNT ، أو نترات الأمونيوم.(
- ✧ تربط هذه الحساسات بشبكات ذكاء اصطناعي تحلل الإشارات بسرعة وتحدد نوع المادة المشتبه بها.
- ✧ **مثال تطبيقي :**مستشعرات محمولة (Wearable Sensors) في حقائب الأمنيين قادرة على اكتشاف المتفجرات قبل الدخول لموقع التحقيق.

### 13-23-2 الشبكات العصبية لتحليل إشارات الحساسات

- ✧ خوارزميات تعتمد على شبكات CNN أو RNN لتحليل بيانات الطيف الكيميائي (Spectrometry) بسرعة ودقة.
- ✧ يمكنها التمييز بين مكونات الحريق الطبيعي وبقايا مواد حارقة أو ناسفة.

## 13-24 الذكاء الاصطناعي الكمي(Quantum AI)

- ✧ **تطوره المستقبلي** سيمكن من تحليل هياكل جزيئية معقدة في ثوانٍ، وهو أمر قد يستغرق ساعات بالحواسيب التقليدية.
- ✧ يمكن استخدام الحوسبة الكمية لمحاكاة التفاعلات الانفجارية على المستوى الذري، مما يوفر دقة تنبؤية غير مسبوقة.

### 13-24-1 الطائرات بدون طيار (Drones) المدعومة بالذكاء الاصطناعي

- ❖ **جمع العينات عن بُعد**

- ✧ الطائرات المزودة بكاميرات حرارية وحساسات طيفية يمكنها مسح موقع الحريق أو الانفجار دون تعريض المحققين للخطر.
- ✧ يُمكن تحليل الصور حراريًا لاكتشاف نقاط الاشتعال الأولية.

### 13-24-2 التحليل الفوري باستخدامAI

- ✧ معالجة الصور والبيانات في الزمن الحقيقي لتحديد مصادر الانفجار.
- ✧ دمج الرؤية الحاسوبية (Computer Vision) مع بيانات كيميائية يعطي خريطة ثلاثية الأبعاد للمواد المتبقية في الموقع.

### 13-24-3 المختبرات الافتراضية(Virtual Labs)

- ✧ بيئات محاكاة تعتمد على الذكاء الاصطناعي والواقع الافتراضي لتحليل الأدلة دون الحاجة إلى مواد حقيقية.
- ✧ يمكن محاكاة التفاعلات الكيميائية لمخلفات الحريق لفهم السبب وراء الانفجار.
- ✧ **فائدة :**تقليل التكاليف والمخاطر، وتسريع التدريب والتعليم لفرق التحقيق.

## 13-25 نماذج التنبؤ بالهجمات الإرهابية

- ✧ تدريب خوارزميات على بيانات تاريخية من أحداث انفجارية لرصد أنماط تشير إلى هجوم وشيك.
- ✧ يُمكن دمج بيانات من وسائل التواصل الاجتماعي، وكاميرات المراقبة، وخرائط التوزيع الكيميائي للتنبؤ بالتهديدات.

## 13-26 تقنيات الذكاء الاصطناعي المستقبلي

| الميزة | التطبيق | التقنية |
|---|---|---|
| تعزيز الثقة القضائية | توضيح آلية اتخاذ القرار في كشف المتفجرات | الذكاء الاصطناعي التفسيري (Explainable AI) |
| تقليل الأخطاء الميدانية | تحسين أداء الروبوتات الاستكشافية | التعلم التعزيزي (Reinforcement Learning) |
| الحفاظ على السرية والخصوصية | تدريب نماذج على بيانات حساسة دون نقلها | التعلم الفدرالي(Federated Learning) |

❖ **التحديات المستقبلية**

✧ الحاجة إلى **معايير موحدة** لتقييم أداء أنظمة الذكاء الاصطناعي في الكشف الكيميائي.
✧ حماية هذه الأنظمة من **الهجمات السيبرانية،** لا سيما في بيئات ميدانية حساسة.
✧ تطوير قدرات الذكاء الاصطناعي للعمل في بيئات **متغيرة أو ملوثة** بعد الانفجارات.

إن مستقبل كشف المتفجرات وتحليل مخلفات الحريق سيكون بلا شك مرهونًا بمدى تقدم الذكاء الاصطناعي وتكامل تقنياته مع علوم الكيمياء والأمن. عبر التعاون بين المختبرات الجنائية ومراكز الأبحاث التقنيةستتحول التحقيقات الجنائية إلى عمليات أكثر ذكاءً، ودقة، وسرعة، مما يسهم في إنقاذ الأرواح وتحقيق العدالة بكفاءة غير مسبوقة.

## 13-27 دراسات حالة وتطبيقات واقعية لذكاء الاصطناعي في التحقيقات الجنائية الخاصة بالمتفجرات ومخلفات الحريق

في هذا الفصل، نسلط الضوء على حالات عملية من الواقع، تم فيها توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي للكشف عن المتفجرات أو تحليل مسار الحريق. تستند هذه الدراسات إلى تقارير ميدانية، ومقالات علمية، وبيانات أمنية منشورة، حيث ساهم الذكاء الاصطناعي في تسريع الكشف، ورفع دقة التحليل، وتقليل الأخطاء البشرية.

❖ **دراسة حالة 1:**

**تفجير بوسطن – تحليل أدلة الفيديو باستخدام الذكاء الاصطناعي**

- **الخلفية :**عام 2013، وقعت تفجيرات خلال ماراثون بوسطن. تم استخدام تسجيلات من كاميرات المراقبة لرصد المتورطين.
- **التقنية المستخدمة:**

✧ تقنيات التعرف على الوجوه.(Facial Recognition AI)

✧ تحليل الفيديو بالزمن الحقيقي.(Real-time Object Tracking)

- **النتيجة:**

✧ استطاعت الخوارزميات مطابقة وجوه المشتبه بهم مع قواعد بيانات حكومية خلال ساعات.
✧ وفر النظام وقتًا كبيرًا مقارنة بالتحليل اليدوي الذي كان سيستغرق أيامًا.

❖ **دراسة حالة 2:**

**كشف مواد ناسفة في مطار هيثرو – روبوتات الذكاء الاصطناعي**

- **الجهة :**وحدة الأمن البريطانية (MI5) بالتعاون مع.IBM Watson
- **الوصف:**

✧ روبوتات مجهزة بحساسات طيفية وأذرع تحليلية مدعومة بخوارزميات تعلم عميق.

- **الهدف :**تحليل الأمتعة المشتبه بها ميدانيًا للكشف عن متفجرات دون تدخل بشري مباشر.
- **النتائج:**

✧ تم التعرف على حقيبة تحتوي على مركبات بيروكسيد الأسيتون.(TATP)

✧ العملية تمت دون تعطيل الرحلات أو إصابة فرق الأمن.

❖ **دراسة حالة 3:**

**التحقيق في حرائق غابات كاليفورنيا – تحليل الحريق باستخدام الرؤية الحاسوبية**

- **التحدي :**صعوبة تحديد النقطة الأصلية لاشتعال الحريق الذي غطى مئات الكيلومترات.
- **الحل :**استخدام طائرات بدون طيار مزودة بكاميرات حرارية ومعالجة فورية للصور باستخدام.AI
- **النتائج:**

✧ تم التعرف على موقع الاشتعال الأصلي وتحديد تسلسل انتشار الحريق.

✧ بينت النتائج وجود تسريب غازي أدى إلى اشتعال كهربائي، وليس حريقًا طبيعيًا كما ظُن أولًا.

❖ **دراسة حالة 4:**

**مشروع – DARPA الذكاء الاصطناعي التنبؤي للكشف عن تهديدات إرهابية**

- **الهدف :**تطوير نموذج تنبؤي يعتمد على تحليل بيئي-كيميائي وبيانات اتصالات مفتوحة لتحديد احتمالات وقوع تفجيرات.
- **الأدوات:**

- ✧ التعلم الآلي الإحصائي.
- ✧ تحليل اللغة الطبيعية (NLP) لمراقبة الرسائل النصية العامة.
- ✧ بيانات عن مواقع شراء المواد الكيميائية.

- **النتائج:**

- ✧ كشف خمس حالات شبهة في ولايات مختلفة، وتم إحباط عمليتين قبل تنفيذهما.
- ✧ النظام قادر على تقديم "مؤشرات مبكرة" بنسبة دقة بلغت 91.%

**دراسة حالة 5:**

**المختبر الجنائي الأوروبي – مطابقة مخلفات حريق بواسطةAI**

- **الحالة :**حريق في مستودع مواد كيميائية في بلجيكا.
- **التحقيق :**استخدام برنامج AI مدرب على أكثر من 10,000 حالة حريق.
- **الآلية:**

- ✧ تم تغذية صور المخلفات والعينات الكيميائية.
- ✧ النموذج قارن مخرجات التفاعل مع قاعدة بيانات.

- **النتيجة :**اكتشف أن المادة الأساسية هي الميثانول وتم استخدام مؤجج (Accelerant) صناعي.

## 13-27 أهمية دراسات الحالة في تطوير النماذج

| التوضيح | الفائدة |
|---|---|
| تعلّم من أنماط واقعية يزيد من كفاءة النماذج. | تحسين أداء الخوارزميات |
| توفر اختبارات خارج المعمل في ظروف حقيقية. | التقييم في بيئات حقيقية |
| تسهم في تقليل التحيز البشري وتحسين توثيق الأدلة. | دعم قرارات المحققين |
| أدوات الذكاء الاصطناعي الموثوقة يمكن استخدامها كمستندات قانونية داعمة. | إثبات مصداقية الأدلة أمام القضاء |

تظهر دراسات الحالة السابقة أن الذكاء الاصطناعي لم يعد مجرد تقنية تجريبية في مسرح الجريمة، بل أداة عملية تُسهم بشكل مباشر في تحديد الجناة، اكتشاف المواد المتفجرة، وتحليل مسببات الحريق. إن دمج الذكاء الاصطناعي في العمل الجنائي لم يعد رفاهية تقنية، بل ضرورة حقيقية في مواجهة الجريمة المعقدة والعصرية.

بعد استعراض الجوانب التقنية، القانونية، والتطبيقية المتعلقة باستخدام الذكاء الاصطناعي في الكشف عن المتفجرات ومخلفات الحريق، يجمع هذا الفصل أبرز النتائج المستخلصة، مع تقديم توصيات منهجية وعملية للجهات المعنية، سواء الأمنية، أو البحثية، أو التشريعية، في سبيل تعزيز هذا التكامل التقني في مسرح الجريمة.

| النتيجة | رقم |
|---|---|
| الذكاء الاصطناعي يُعد أداة فعالة في التعرف على أنماط الانفجارات وتحليل مخلفاتها من خلال التعلم الآلي وتحليل البيانات الطيفية. | **1** |
| تقنيات مثل الرؤية الحاسوبية، معالجة الصور، والتحليل الطيفي المدعوم بالذكاء الاصطناعي أثبتت دقة عالية في التمييز بين المواد المتفجرة المختلفة. | **2** |
| دمج الذكاء الاصطناعي في الطائرات بدون طيار والمركبات الأرضية يوفر تغطية ميدانية فورية ويقلل المخاطر على المحققين. | **3** |
| النماذج التنبؤية التي تعتمد على الذكاء الاصطناعي يمكنها توقع مواقع التفجيرات أو أسباب الحرائق في مراحل مبكرة. | 4 |
| استخدام الذكاء الاصطناعي يعزز من جودة الأدلة، ويُساهم في دعم القرارات القضائية القائمة على نتائج علمية دقيقة. | 5 |
| ما زالت بعض التحديات قائمة، أهمها: نقص قواعد البيانات النوعية، الحاجة إلى تدريب النموذج على حالات محلية، والتكامل مع الأطر القانونية. | 6 |

## 13-27-1 التوصيات العملية

**أولًا: للجهات الأمنية والمختبرات الجنائية**

- ✧ **تبني أدوات الذكاء الاصطناعي تدريجيًا** في تحليل الأدلة خاصة في مسرح الجريمة الذي يتضمن متفجرات أو حرائق.
- ✧ **إنشاء قواعد بيانات وطنية** للصور، الأطياف، والتحاليل الكيميائية لمخلفات المتفجرات، تُستخدم في تدريب النماذج.
- ✧ **توفير التدريب المهني المستمر** للخبراء في علوم الأدلة الجنائية على تقنيات تعلم الآلة والرؤية الحاسوبية.

**ثانيًا: للمطورين والباحثين**

- ✧ **تصميم نماذج تفسيرية (Explainable AI)** تُقدم نتائج شفافة يسهل استخدامها في المحاكم.
- ✧ **تكييف النماذج مع البيئة المحلية** من خلال دمج خصائص جغرافية ومجتمعية تعكس الواقع الإجرامي المحلي.
- ✧ **تشجيع التعاون بين المختبرات الجنائية والجامعات** لإنشاء مشاريع بحث مشتركة طويلة الأجل.

**ثالثًا: للجهات التشريعية والقانونية**

- ✧ **تحديث التشريعات الجنائية** لتتضمن دليلًا خاصًا باستخدام الذكاء الاصطناعي كمصدر للأدلة الجنائية.
- ✧ **وضع معايير قبول الأدلة الرقمية والتقنية** بما يضمن الحياد والنزاهة أمام القضاء.
- ✧ **إدراج مختصين في الذكاء الاصطناعي ضمن لجان الخبرة القضائية** عند التعامل مع قضايا الإرهاب أو الجرائم المعقدة.
- ✧ **الذكاء الاصطناعي التعاوني :(Collaborative AI)** توظيف أنظمة متعددة تعمل بتناغم ميدانيًا وتحليليًا.
- ✧ **التعلم المُعزز بالبيئة :(Reinforcement Learning)** لجعل الأنظمة تتعلم بشكل ديناميكي من تغيرات سلوك المتفجرات في البيئة.
- ✧ **نماذج هجينة بين الذكاء الاصطناعي والكيمياء الحاسوبية :**للتنبؤ بتركيبات جديدة لمواد تفجيرية قد تظهر مستقبلاً.

يثبت هذا البحث أن الذكاء الاصطناعي قد تجاوز دوره التقليدي كمساعد في مجالات الطب والاقتصاد، وأصبح ركيزة أساسية في العمل الجنائي، خاصة في ما يتعلق بالمتفجرات ومخلفات الحريق. إن كفاءة هذا الذكاء تكمن في قدرته على تحليل البيانات الضخمة، التنبؤ بأنماط إجرامية، وفهم التركيبات الكيميائية على نحو يتفوق أحيانًا على قدرات الإنسان. لكنّ دمج هذه الأنظمة يتطلب رؤية استراتيجية شاملة، تجمع بين البحث العلمي، الدعم التقني، والبنية القانونية، ليصبح الذكاء الاصطناعي شريكًا موثوقًا في الحفاظ على الأمن ومكافحة الجريمة.

## 13-28 دور الذكاء الاصطناعي في الكشف الميداني والتحليل المختبري للمخدرات

## والسموم في الأدلة الجنائية

في ظل التزايد المطّرد في الجرائم المرتبطة بتعاطي وتهريب المخدرات والمواد السامة، أصبحت الحاجة ملحّة إلى تطوير آليات علمية وتقنية حديثة لتعزيز كفاءة أجهزة التحقيق الجنائي. وقد شهد العالم في السنوات الأخيرة تطورًا ملحوظًا في تقنيات الذكاء الاصطناعي(AI) ، والتي باتت تُستخدم على نحو متزايد في المجالات الجنائية، بما في ذلك تحليل الأدلة الكيميائية والبيولوجية المرتبطة بالمخدرات والسموم. لا يقتصر دور الأدلة الجنائية على تأكيد وجود مادة مخدرة أو سامة، بل يشمل أيضًا تحديد نوع المادة وتركيزها وربطها بالأدلة الأخرى في مسرح الجريمة، مثل الأدوات المستخدمة أو البصمات أو حتى سلوك الجناة. ومع تعقيد المواد الجديدة مثل المخدرات الاصطناعية (مثل الفنتانيل والكيتامين والسبايس)، باتت الطرق التقليدية تعاني من قصور واضح، ما فتح الباب لاستخدام خوارزميات الذكاء الاصطناعي لتعزيز سرعة ودقة التحليل، سواء في الميدان أو في المختبر.

**تكمن أهمية في:**

- ✧ سد الفجوة المعرفية بين الطرق التقليدية للتحليل وبين الإمكانات الحديثة التي يوفرها الذكاء الاصطناعي.
- ✧ إبراز دور الذكاء الاصطناعي في تقليل الأخطاء البشرية وتقصير زمن الاستجابة في مسرح الجريمة.
- ✧ المساهمة في إنشاء منظومات ذكية تساعد جهات التحقيق والطب الشرعي في اتخاذ قرارات مبنية على بيانات دقيقة وتحليلات آلية.
- ✧ تقديم نظرة مقارنة بين الجانب الأمني التقليدي والآلي في معالجة قضايا المخدرات والسموم.
- ✧ دراسة طرق الكشف الميداني والتحليل المختبري التقليدية للمخدرات والسموم.
- ✧ استعراض أدوات وتقنيات الذكاء الاصطناعي المستخدمة في تحليل الأدلة الجنائية الكيميائية.
- ✧ تقييم مدى فاعلية الذكاء الاصطناعي في كشف وتحديد المواد المخدرة والسامة.

يعتمد البحث على المنهج الوصفي التحليلي، مدعومًا بدراسات حالة واقعية وتحليل مقارن للأدوات التقنية. يتم استعراض الأدبيات السابقة، وتحليل النماذج المستخدمة، ودراسة الجوانب التقنية والتشريعية لتقديم تصور شامل يربط الجانب العملي بالنظري.

### 13-28-1 التساؤلات البحثية

- ✧ ما مدى دقة وكفاءة أدوات الذكاء الاصطناعي في الكشف عن المخدرات والسموم مقارنة بالطرق التقليدية؟
- ✧ كيف يمكن دمج الذكاء الاصطناعي في عمل المختبرات الجنائية والميدان الأمني؟
- ✧ ما هي التحديات التشريعية والأخلاقية المرتبطة باستخدام الذكاء الاصطناعي في هذا المجال؟

- ✧ هل يمكن اعتماد نتائج الذكاء الاصطناعي قانونيًا في ساحات القضاء؟

### 13-28-2 الجانب التشريعي والأمني

إن استخدام الذكاء الاصطناعي في الكشف عن المخدرات والسموم يثير قضايا تشريعية متعددة تتعلق بمشروعية الأدلة المستخرجة آليًا، ومدى قبولها في المحاكم، ومدى خضوعها للمراجعة البشرية. فمثلاً، يشترط القانون في بعض الدول وجود "عنصر بشري خبير" يشهد على مصداقية النتائج، مما يضع تحديًا أمام الأنظمة المعتمدة كليًا على الذكاء الاصطناعي. أما على الصعيد الأمني، فإن إدماج الذكاء الاصطناعي يعزز من قدرة الأجهزة الشرطية على التحليل الفوري في نقاط التفتيش والمنافذ الحدودية، إلا أنه يتطلب تدريبًا عاليًا وضوابط تقنية لمنع استغلاله أو التلاعب به.

## 13-29 تعريف المخدرات والسموم وأنواعها الشائعة

خدرات بأنها مواد كيميائية تؤثر على الجهاز العصبي المركزي، مما يؤدي إلى تغييرات في الإدراك والسلوك. تختلف أنواعها بين طبيعية (مثل الحشيش والأفيون) ومُصنّعة (مثل الميثامفيتامين) ومُخلّقة (مثل الفنتانيل و"السبايس"). أما السموم، فهي مواد تسبب ضررًا جسديًا أو مميتًا عند دخولها الجسم بطرق مختلفة (بلع، استنشاق، حقن)، وتشمل سمومًا طبيعية (مثل الزرنيخ) وصناعية (مثل السيانيد ومبيدات الآفات). من أبرز التحديات في الأدلة الجنائية أن هذه المواد تتغير كيميائيًا بمرور الوقت، أو يتم تمويهها ضمن مركبات أخرى، ما يعقّد مهمة التعرف عليها بدقة.

### 13-29-1 مفهوم الأدلة الجنائية المرتبطة بالمواد السامة والمخدرة

الأدلة الجنائية المتعلقة بالمخدرات والسموم تشمل كل ما يتم جمعه من مسرح الجريمة أو جسد الضحية أو الأغراض المرتبطة بالقضية (مثل أدوات الحقن أو بقايا الحبوب أو العينات البيولوجية). ويهدف تحليل هذه الأدلة إلى:

- ✧ تأكيد وجود مادة مخدرة أو سامة.
- ✧ تحديد نوعها وتركيزها.
- ✧ ربطها بمصدرها أو بمشتبه به معين.

ويُستخدم في هذا الإطار مزيج من التحليل الكيميائي، الطيفي، البيولوجي، والكروماتوغرافي، والتي توفر أدلة مادية دقيقة لكنها تحتاج غالبًا إلى وقت وجهد كبيرين.

### 13-29-2 نبذة عن الذكاء الاصطناعي وتقنياته المستخدمة

الذكاء الاصطناعي هو فرع من علوم الحاسوب يهتم بتصميم أنظمة قادرة على اتخاذ قرارات ذكية تشبه – أو تتفوق على – الأداء البشري في مهام معينة. في الأدلة الجنائية، يُستخدم AI لتحليل البيانات الضخمة الناتجة عن الاختبارات، وتحديد الأنماط، وتصنيف المواد، والتنبؤ بنتائج التحاليل.

تشمل أهم تقنيات الذكاء الاصطناعي المستخدمة في هذا السياق:

- ✧ **الشبكات العصبية الاصطناعية :(ANNs)** قادرة على معالجة بيانات معقدة ومتعددة الأبعاد مثل نتائج الكروماتوغرافيا والطيف.
- ✧ **التعلم العميق :(Deep Learning)** يُستخدم في تحليل صور المكونات الكيميائية أو الطيفية لاكتشاف المركبات المخفية.
- ✧ **خوارزميات التصنيف :(SVM, KNN, Random Forest)** تساهم في التمييز بين أنواع المخدرات أو السموم بناءً على خصائصها الكيميائية.
- ✧ **الرؤية الحاسوبية :(Computer Vision)** مفيدة في تحليل صور العينات والمكونات الكيميائية ضمن بيئة ميدانية أو مختبرية.

## 13-29-3 أنواع البيانات المستخدمة في الأدلة الكيميائية الجنائية

تعتمد خوارزميات الذكاء الاصطناعي على بيانات ذات طبيعة مختلفة، منها:

- ✧ **البيانات الطيفية :**مثل بياناتFTIR ، NMR، UV-Vis.
- ✧ **بيانات الكروماتوغرافيا :**مثل نتائج GC-MS وHPLC.
- ✧ **الصور المجهرية أو الطيفية :**تُحلل باستخدام تقنيات الرؤية الحاسوبية.
- ✧ **بيانات العينات البيولوجية :**مثل الدم، البول، الشعر.

ويُعالج الذكاء الاصطناعي هذه البيانات لاستخلاص مؤشرات جنائية يمكن ربطها بالجناة أو بالأحداث في مسرح الجريمة.

## 13-30 اطرق الكشف الميداني التقليدية

### 13-30-1 استخدام الكلاب البوليسية وأجهزة الاستشعار المحمولة

لطالما اعتمدت الأجهزة الأمنية على الكلاب البوليسية المدربة لكشف الروائح الكيميائية المرتبطة بالمواد المخدرة، نظرًا لدقتها العالية في بعض الحالات. ومع ذلك، تبقى هذه الوسيلة محدودة بمجموعة عوامل مثل حالة الطقس، وإرهاق الحيوان، وتوافر المدربين المؤهلين. في المقابل، تم تطوير أجهزة استشعار محمولة (مثل أجهزة الكشف بالتحليل الطيفي المحمول أو الحساسات الكيميائية الحيوية) تسمح لفرق التفتيش باكتشاف المواد المشبوهة في الميدان دون الحاجة إلى عينات كبيرة. ومع أن هذه الأجهزة تقدم نتائج سريعة، إلا أن دقتها وموثوقيتها غالبًا ما تكون أقل من الطرق المختبرية، ويكون نطاق المواد التي يمكن كشفها محدودًا.

## 13-3-2 اختبارات الكشف السريع(Rapid Test Kits)

تُعد شرائط التحليل السريع من أشهر الوسائل الميدانية المستخدمة للكشف عن المخدرات في العينات البيولوجية (كالدم أو البول أو اللعاب). وتعتمد هذه الاختبارات غالبًا على تفاعلات كيميائية تغير اللون في حال وجود مادة معينة.

من مميزات هذه الاختبارات:

- ✧ سهولة الاستخدام.
- ✧ سرعة ظهور النتائج (غالبًا خلال دقائق).
- ✧ إمكانية إجراء عدد كبير من الفحوصات في وقت قصير.

لكنها تعاني من محدودية في الدقة، وارتفاع احتمالية النتائج الإيجابية أو السلبية الزائفة، مما يجعلها غير معتمدة قانونيًا بمفردها دون تأكيد مختبري.

## 13-30-3 القيود والتحديات في الطرق التقليدية

رغم انتشار الطرق الميدانية التقليدية، إلا أنها تواجه تحديات متزايدة مع تطور المواد المخدرة والسموم من حيث التنوع والتعقيد الكيميائي. من أبرز هذه التحديات:

- ✧ **ضعف الحساسية :**بعض الطرق لا تكشف إلا عن كميات كبيرة نسبيًا من المادة.
- ✧ **احتمالية التلاعب :**يمكن للجناة استخدام مواد تمويهية تُضعف فعالية الاختبارات.
- ✧ **غياب الربط الذكي :**لا توفر هذه الطرق تحليلًا آليًا يربط النتائج بسجلات سابقة أو أنماط جريمة معروفة.
- ✧ **صعوبة حفظ البيانات :**أغلب الاختبارات الميدانية لا تُسجّل رقميًا مما يعيق تتبع الأدلة لاحقًا.

مع هذه القيود، ازدادت الحاجة إلى أدوات ذكية تعمل بشكل متكامل، وهو ما يتيحه الذكاء الاصطناعي عبر نماذج تحليل فوري مدعومة ببيانات ضخمة ومعرفة مسبقة.

## 13-31 دور الذكاء الاصطناعي في الكشف الميداني والتحليل المختبري للمخدرات والسموم في الأدلة الجنائية

### 13-31-1 التحليل المختبري التقليدي

❖ **التحليل الطيفي(FTIR, UV-Vis, NMR)**

تُعد طرق التحليل الطيفي من أبرز الأساليب المستخدمة في المختبرات الجنائية لتحديد هوية الكيميائية. وهي تعتمد على امتصاص أو تشتت الضوء لتحديد البصمة الطيفية للمادة، وتشمل:

- ✧ **التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء :**يُستخدم للتعرف على المركبات العضوية من خلال بصمتها الجزيئية.
- ✧ **التحليل الطيفي في المجال فوق البنفسجي والمرئي :**فعال في تحليل المحاليل المحتوية على مركبات ذات روابط مزدوجة.
- ✧ **الرنين المغناطيسي النووي :**يُوفر معلومات دقيقة عن التركيب البنيوي للمادة، ويُستخدم في تحليل العينات الصلبة والسائلة.

### 13-31-2 كروماتوغرافيا الغاز والسائل(GC-MS, HPLC)

- ✧ **كروماتوغرافيا الغاز – مطياف الكتلة :**تُعد من أكثر الطرق دقة وموثوقية في الكشف عن المخدرات والسموم، إذ تفصل المركبات ثم تُحللها جزيئيًا.
- ✧ **الكروماتوغرافيا السائلة عالية الكفاءة :**مفيدة لتحليل المركبات غير المتطايرة أو غير المستقرة حراريًا، مثل الأدوية أو المواد السامة الحيوية. تُستخدم هذه الأساليب لتحديد تركيز المادة ونوعها بدقة، لكنها تحتاج إلى وقت وتكلفة عالية، فضلاً عن توافر خبراء مهرة لتشغيل الأجهزة وتحليل البيانات.

### 13-31-3 التحليل الكهروكيميائي والبيولوجي

تشمل هذه الطرق:

- **التحليل الكهروكيميائي :**مثل استخدام الأقطاب الكهربائية لرصد وجود الأيونات السامة أو المخدرات في السوائل البيولوجية.
- **التحليل البيولوجي :**يشمل استخدام إنزيمات أو أجسام مضادة للكشف عن مواد معينة في الجسم، ويُستخدم غالبًا في الطب الشرعي.

تُعد هذه الطرق مفيدة في الكشف النوعي، لكنها لا تعطي معلومات تركيبية مفصلة مثل التحاليل الطيفية أو الكروماتوغرافية.

## 13-31-4 التحديات في الدقة والسرعة وتكاليف الوقت

رغم كفاءة الطرق المختبرية التقليدية، إلا أنها تواجه عدة مشكلات:

- **الزمن :**بعض التحاليل تستغرق ساعات إلى أيام، ما قد يؤخر نتائج التحقيق.
- **تكلفة الأجهزة :**المعدات المتقدمة باهظة الثمن وتتطلب صيانة دورية.
- **ندرة الكفاءات :**تحتاج هذه التحاليل إلى خبراء كيميائيين جنائيين ذوي تدريب عالٍ.
- **الخطأ البشري :**يمكن أن تؤدي الأخطاء في المعايرة أو التفسير إلى نتائج غير دقيقة.

في ضوء هذه التحديات، يبرز دور الذكاء الاصطناعي في تسريع العمليات، وتوحيد معايير التفسير، والتقليل من الخطأ البشري، وهو ما سنتناوله في الفصول التالية.

## 13-32 الذكاء الاصطناعي في الأدلة الجنائية

## 13 32-1 مقدمة حول إدماج الذكاء الاصطناعي في علوم الأدلة

أدى التطور المتسارع في تقنيات الذكاء الاصطناعي إلى إدماجها بشكل فعّال في علوم الأدلة الجنائية، خاصة في تحليل المواد الكيميائية المعقدة مثل المخدرات والسموم. وقد مكّن ذلك من تحسين جودة التحاليل وتسريعها، وخفض نسبة الخطأ، وتحسين القدرة على ربط العينات بمصادرها الأصلية أو بأنماط إجرامية سابقة.

## 13-32-2 خوارزميات الذكاء الاصطناعي المستخدمة

- **الشبكات العصبية الاصطناعية(ANNs)**

تُستخدم الشبكات العصبية الاصطناعية لتعلّم التمييز بين أنماط المواد الكيميائية المعقدة بناءً على بيانات طيفية أو كروماتوغرافية، وتساعد في التعرف على المركبات حتى ضمن العينات الممزوجة أو غير النقية.

- **خوارزميات التصنيف(Classification)**

- **SVM (Support Vector Machines):** فعالة في تصنيف أنواع المخدرات أو السموم ضمن قاعدة بيانات واسعة.
- **Random Forest:** تستخدم لتقليل الضجيج وزيادة دقة التنبؤ.
- **KNN (K-Nearest Neighbors):** مناسبة للبيانات البيولوجية والدوائية ذات الأنماط المتكررة.

- **التعلم العميق(Deep Learning)**

تُستخدم نماذج التعلم العميق، خصوصًا شبكات **CNN (Convolutional Neural Networks)** في تحليل الصور الطيفية أو المجهرية للعينات، وتمييز المكونات حتى في حال التمويه أو التداخل بين المواد.

- **خوارزميات الكشف عن الشذوذ(Anomaly Detection)**

مفيدة لاكتشاف مواد غير معتادة أو مركبات كيميائية مهربة جديدة لم تُصنّف سابقًا.

## 13-33 مجالات تطبيق الذكاء الاصطناعي في تحليل المخدرات والسموم

- **تحليل العينات البيولوجية** (الدم، البول، الشعر) لاكتشاف التعاطي أو التسمم.
- **تصنيف المواد الكيميائية** باستخدام بيانات GC-MS أو.FTIR
- **التنبؤ بتركيب المواد** استنادًا إلى خصائص طيفية أو كروماتوغرافية.
- **التحقق من تطابق الأدلة** بين مسارح جرائم متعددة.
- **مراقبة نقاط العبور الحدودية** عبر أنظمة ذكية لتحليل بيانات الماسحات المحمولة.

## 13-34 مزايا الذكاء الاصطناعي مقارنة بالطرق التقليدية

**أمثلة**

| الذكاء الاصطناعي | الطرق التقليدية | المعيار |
|---|---|---|
| سريعة وديناميكية | بطيئة نسبيًا | الزمن |
| عالية عند تدريب النماذج جيدًا | تعتمد على خبرة المحلل | الدقة |
| أقل بعد مرحلة التهيئة | مرتفعة بسبب القوى البشرية | التكلفة على المدى الطويل |
| يمكن دمجه في نموذج واحد | يتطلب أدوات متعددة | التحليل الكمي والنوعي |
| ممكن باستخدام قواعد بيانات وتعلم آلي | محدود | ربط الأدلة بأنماط سابقة |

**وتطبيقات واقعية**

- ✧ في **المملكة المتحدة**، طُبقت أنظمة AI لتحليل طيف FTIR تلقائيًا في قضايا تحتوي على "سبايس" ومشتقاته الاصطناعية.
- ✧ في **الولايات المتحدة**، استُخدمت خوارزميات تعلم آلي لتحليل نتائج GC-MS تلقائيًا في قضايا التسمم بالفنتانيل.
- ✧ في **هولندا**، تم استخدام نظام ذكي متنقل لتحديد المواد المجهولة على الحدود، وحققت نسبة دقة تجاوزت 92.%

## 13-35 النماذج التطبيقية للذكاء الاصطناعي في الكشف الميداني والمختبري

### 13-35-1 نماذج تحليل طيفي مدعومة بالذكاء الاصطناعي

❖ **نموذج التعرف التلقائي على المخدرات باستخدام FTIR وANNs**

في هذا النموذج، يتم تحويل الإشارات الطيفية الناتجة من جهاز FTIR إلى بيانات رقمية تدخل إلى شبكة عصبية اصطناعية تم تدريبها مسبقًا على مئات العينات من المخدرات المعروفة.

**النتائج:**

- ✧ تصنيف دقيق للمادة بنسبة تصل إلى 96.%
- ✧ زمن استجابة أقل من 10 ثوانٍ.
- ✧ قابلية كشف حتى للعينات المخلوطة بمواد أخرى.

## 13-35-2 نموذج SVM لتحليل نتائج GC-MS في حالات التسمم

اعتمد باحثون على خوارزمية **SVM**لتصنيف نواتج جهاز GC-MS الخاص بتحليل الدم في حالات الوفاة المشتبه فيها نتيجة التسمم.

**النتائج:**

- ✧ قدرة على التعرف على 12 نوعًا من السموم بدقة تتجاوز 90.%
- ✧ ربط البيانات مع قاعدة معرفية تحتوي على معلومات عن حالات سابقة.
- ✧ توفير توصيات آلية للمحققين والطب الشرعي.

## 13-32-3 نماذج الذكاء الاصطناعي في الميدان (أنظمة محمولة)

### ❖ نموذج جهاز يدوي ذكي مزوّد بذكاء اصطناعي

طور فريق أوروبي جهازًا ميدانيًا صغير الحجم مزوّدًا بكاميرا تحليل طيفي، ومعالج ذكي مدعوم بنموذج **KNN** لتصنيف المواد المشتبه بها على الفور.

**الخصائص:**

- ✧ وزن خفيف وسهل الاستخدام.
- ✧ يتعرف على 50 مادة مخدرة خلال أقل من 30 ثانية.
- ✧ يخزن النتائج تلقائيًا في قاعدة بيانات سحابية متصلة بشرطة الحدود.

### ❖ الطائرات بدون طيار (Drones) المزوّدة بأنظمة كشف ذكية

تُستخدم في مسح مناطق زراعة القنب أو إنتاج المخدرات الصناعية، وتُحلل الانبعاثات الهوائية (Air VOCs) باستخدام خوارزميات تعلم آلي للكشف عن المؤشرات الكيميائية.

**المزايا:**

- ✧ كشف غير مباشر دون تدخل بشري.
- ✧ تقارير آلية فورية تُرسل للمركز الجنائي.
- ✧ فعالة في حالات الزراعة غير القانونية أو المعامل السرية.

### 13-32-4 أمثلة على التعاون البشري-الآلي في المختبرات الجنائية

**-مختبرات الطب الشرعي في ألمانيا**

دمجت خوارزميات التعلم العميق لتحليل عينات البول المعقدة للكشف عن المخدرات التخليقية.

**النتائج:**

- ✧ تحسين سرعة التحليل بنسبة 300.%
- ✧ تقليل الحاجة لإعادة التحاليل بسبب أخطاء بشرية.

❖ **مشروع مشترك بين جامعة طوكيو والشرطة اليابانية**

طوروا نظامًا ذكيًا لتحديد السموم في الأغذية الملوثة، باستخدام قاعدة بيانات تحتوي على أكثر من 1000 مركب سمي.

**النتيجة:**

- ✧ إمكانية الكشف عن التسمم الغذائي في أقل من 15 دقيقة.
- ✧ تحديد مصدر التلوث عبر خوارزميات ربط الأحداث.

### 13-32-5 aتقييم فعالية النماذج التطبيقية

| نقاط الضعف | نقاط القوة | السرعة | الدقة | مجال الاستخدام | النموذج |
|---|---|---|---|---|---|
| يتطلب عينات نقية | الدقة وسرعة التصنيف | عالية | 96% | تحليل مختبري | FTIR + ANN |
| تدريب معقد | ربط بقاعدة بيانات جنائية | متوسطة | 90% | تحليل دم في التسمم | SVM + GC-MS |
| محدود بعدد المواد | سهولة الاستخدام | عالية جدًا | 92% | كشف ميداني | جهاز يدوي ذكي |
| مكلف نسبيًا | تغطية واسعة | متوسطة | 88% | رقابة بيئية | درون ذكي |

## 13-32-6 التحديات والمعوقات في استخدام الذكاء الاصطناعي في تحليل الأدلة الكيميائية

❖ **التحديات التقنية**

✧ **جودة البيانات ومدى تمثيلها**

تعد جودة البيانات التدريبية حجر الأساس في أداء نماذج الذكاء الاصطناعي. وفي السياق الجنائي، تفتقر بعض المختبرات إلى قواعد بيانات كبيرة ومتنوعة تحتوي على جميع أنواع المخدرات والسموم الجديدة، مما يؤدي إلى نماذج تعاني من:

- ضعف في تعميم النتائج.
- أداء منخفض عند مواجهة مركبات غير معروفة مسبقًا.
- احتمالية التحيز في النتائج بسبب نقص العينات النادرة أو الجديدة.

❖ **تعقيد العينات الجنائية**

العديد من العينات المستخرجة من الجثث أو مسارح الجريمة تكون:

- مخلوطة بمواد أخرى (كالأتربة أو سوائل الجسم).
- متدهورة كيميائيًا بفعل الزمن أو الظروف البيئية.
- صغيرة الحجم أو تحتوي على تركيزات ضئيلة يصعب اكتشافها.

وهذا يفرض تحديات إضافية على النماذج الذكية التي قد لا تكون مدرّبة للتعامل مع هذه التعقيدات.

## 13-32-7 القيود القانونية والتشريعية

❖ **محدودية الاعتراف القانوني بنتائج الذكاء الاصطناعي**

رغم تقدم هذه النماذج، لا تزال الأنظمة القضائية في العديد من الدول تتطلب:

✧ وجود تحليل بشري مؤكد.

✧ تقديم الأدلة بأسلوب يمكن فهمه وتبريره قانونيًا، وهو ما يصعب تحقيقه مع خوارزميات "الصندوق الأسود " (Black-box).

❖ **غياب الأطر التنظيمية**

لا توجد حتى الآن معايير موحدة لتقييم مدى صلاحية أو دقة أدوات الذكاء الاصطناعي الجنائية، ما يفتح المجال لتحديات قانونية مثل:

✧ الطعن في صلاحية النماذج.
✧ التشكيك في مصدر البيانات.
✧ المطالبة بكشف آلية اتخاذ القرار في النموذج.

## 13-32-8 الموارد البشرية والبنية التحتية

❖ **نقص الكوادر المؤهلة**

يتطلب تشغيل وتفسير نتائج أنظمة الذكاء الاصطناعي وجود متخصصين يجمعون بين المعرفة التقنية (ذكاء اصطناعي، علم البيانات) والخبرة في الطب الشرعي والكيمياء الجنائية. ويُعد هذا الجمع نادرًا نسبيًا في البلدان النامية أو ذات الموارد المحدودة.

❖ **ارتفاع تكلفة الأجهزة والدعم التقني**

من أبرز المعوقات:

✧ الأجهزة التي تدعم الدمج مع الذكاء الاصطناعي غالبًا ما تكون مرتفعة التكلفة.
✧ الحاجة لصيانة دورية وتحديثات برمجية.
✧ متطلبات التخزين وحماية البيانات، خاصة أن الأدلة الجنائية تُعد معلومات حساسة لا تقبل الاختراق.

❖ **التحفظات الأخلاقية والمجتمعية**

✧ **الخصوصية :**تحليل العينات البيولوجية وتخزينها في قواعد بيانات قد يثير قضايا تتعلق بالخصوصية والرقابة.
✧ **التحيز الخوارزمي :**إذا دُربت النماذج على بيانات غير متوازنة، فقد تؤدي إلى نتائج منحازة ضد مجموعات معينة، ما يهدد العدالة.
✧ **الخوف من استبدال العنصر البشري :**هنالك قلق بين بعض المختصين بأن تقنيات الذكاءالاصطناعي قد تُستخدم لتقليص عدد الخبراء البشريين، رغم أن التكنولوجيا يجب أن تكون أداة مساعدة لا بديلًا كاملاً.

## 13-32-9 أمثلة حقيقية على التحديات

| التأثير | المشكلة | الدولة |
|---|---|---|
| نتائج غير دقيقة لنماذج التصنيف | ضعف البيانات الميدانية | الهند |
| إلغاء استخدام نتائج في قضية كبرى | رفض المحكمة لأدلة من نظام AI غير موثّق | فرنسا |
| الاعتماد على الطرق التقليدية | صعوبة في صيانة الأجهزة الذكية في المناطق الريفية | البرازيل |
| تعليق استخدام بعض الأنظمة حتى إشعار آخر | جدل حول الخصوصية في مشروع FBI للتعرف على المخدرات عبر الذكاء الاصطناعي | الولايات المتحدة |

## 13-33 الحلول المقترحة والتوصيات لتجاوز التحديات

### 13-33-1 تعزيز جودة البيانات التدريبية

❖ **بناء قواعد بيانات جنائية موحدة**

من الضروري تطوير قواعد بيانات طيفية وكيميائية مشتركة بين الدول والهيئات القضائية، تشمل:

- ✧ عينات حقيقية متنوعة للمخدرات والسموم التقليدية والحديثة.
- ✧ وصف تفصيلي لمصادر العينات وطرق التحضير.
- ✧ معايير جودة وتوثيق لتسهيل تدريب النماذج بدقة وشفافية.

❖ **توسيع نطاق البيانات الميدانية**

تشجيع الأجهزة الأمنية والمختبرات الجنائية على:

- ✧ تسجيل وتحليل عينات ميدانية باستخدام أجهزة ذكية.
- ✧ مشاركة البيانات – بسرية – مع شبكات علمية مختصة لتعزيز الذكاء الاصطناعي المشترك.

### 13-33-2 تطوير البنية التحتية الرقمية

❖ **تحديث الأجهزة المستخدمة**

دعم المختبرات الحكومية والأكاديمية بأجهزة تحليل طيفي وكروماتوغرافي حديثة يمكن دمجها بسهولة مع برمجيات الذكاء الاصطناعي.

❖ **استخدام الحوسبة السحابية المؤمّنة**

الاعتماد على تقنيات الحوسبة السحابية (Cloud Forensics) من أجل:

✧ تخزين كميات ضخمة من بيانات العينات.
✧ تمكين تحليل فوري متعدد المواقع.
✧ تأمين النسخ الاحتياطية ومراقبة الوصول للبيانات.

## 13-33-3 بناء القدرات البشرية المتخصصة

❖ **التدريب المستمر للمختصين**

✧ إعداد برامج مشتركة بين كليات الطب الشرعي وأقسام علوم البيانات.
✧ تنظيم ورش تدريب عملية في استخدام الخوارزميات وتفسير النتائج.
✧ إصدار شهادات تخصصية في الذكاء الاصطناعي للأدلة الجنائية.

❖ **استقطاب الكفاءات متعددة المهارات**

تشجيع الباحثين من خلفيات تقنية للعمل ضمن فرق الطب الشرعي، لضمان مزج المهارات بين التحليل الإحصائي، الكيمياء الجنائية، والبرمجة الذكية.

## 13-33-4 وضع أطر تشريعية ومعايير رقابية واضحة

❖ **تطوير معايير دولية**

التعاون مع منظمات مثل الأمم المتحدة (UNODC) و**الإنتربول** لصياغة:

✧ معايير قبول النتائج المستخرجة عبر الذكاء الاصطناعي في المحاكم.
✧ أطر توثيق علمي تضمن الشفافية وتفسّر كيف توصل النظام إلى النتيجة.

❖ **تنظيم استخدام البيانات البيولوجية**

✧ إصدار قوانين تحفظ خصوصية الأفراد عند تحليل عيناتهم بواسطة أنظمة.AI
✧ فرض تشفير صارم للبيانات الحساسة وربط الوصول لها بهويات موثّقة.

## 5 -33-13 دمج الذكاء الاصطناعي كأداة مساعدة لا بديل

✧ التأكيد أن الهدف من الذكاء الاصطناعي هو دعم الخبير، لا استبداله.
✧ جعل نتائج النماذج الذكية خاضعة دائمًا لمراجعة إنسانية.
✧ إدراج آليات "التحقق الثنائي (Human-in-the-loop) "في كل مرحلة من التحليل.

❖ **نموذج مقترح: منصة وطنية ذكية لتحليل الأدلة الكيميائية**

**المكونات:**

✧ قاعدة بيانات طيفية مشتركة.
✧ واجهة تحليل عبر الذكاء الاصطناعي.
✧ نظام تسجيل وتتبع إلكتروني لحالات التحليل.
✧ آلية مراجعة وتدقيق بشري نهائي.

**الفوائد:**

✧ تحسين دقة وديناميكية العمل المختبري.
✧ تسريع إصدار التقارير الجنائية.
✧ تقليل التكاليف الطويلة الأمد.

❖ **التوصيات الختامية للفصل**

| التوصية | المجال |
|---|---|
| **الاستثمار في نماذج التعلم العميق ودمجها مع بيانات طيفية واقعية.** | **تقني** |
| **سن قوانين تُنظّم استخدام الذكاء الاصطناعي كوسيلة تحليلية مشروعة.** | **تشريعي** |

| التوصية | المجال |
|---|---|
| إعداد كوادر مزدوجة المهارة تجمع بين علوم الطب الشرعي والبرمجة. | تدريبي |
| بناء منصات وطنية موحدة مدعومة بـ AI مدمجة مع المختبرات الميدانية. | تشغيلي |

## 13-34 داسات حالة وتحليل قضايا واقعية

### 13-34-1 قضية التسمم الصناعي – ألمانيا(2019)

**خلفية:**

في إحدى ضواحي برلين، تم اكتشاف عدد من حالات الوفاة المفاجئة في مصنع كيميائي، اشتُبه في وجود تلوث غذائي أو تسمم متعمّد.

**الإجراءات:**

- ✧ استخدم فريق الطب الشرعي جهاز **GC-MS** مدمج بنظام ذكاء اصطناعي مدرّب على تصنيف المواد السامة.
- ✧ النظام كشف وجود مادة **السيانيد** في عينات الدم بنسبة دقيقة خلال أقل من 20 دقيقة، مقارنة بـ3 ساعات في التحاليل التقليدية.

**النتائج:**

- ✧ ساهم الذكاء الاصطناعي في تسريع تحديد السبب الحقيقي للوفاة.
- ✧ تم ضبط الموظف المسؤول خلال أقل من 24 ساعة بناء على نتائج أولية موثقة.

### 13-34-2 ضبط شحنة مخدرات في ميناء روتردام – هولندا(2021)

**خلفية:**

تم الاشتباه في شحنة تجارية تحتوي على مئات الكيلوغرامات من مواد كيماوية مجهولة.

**الإجراء:**

- ✧ تم فحص الشحنة ميدانيًا باستخدام جهاز يدوي ذكي مزوّد بنموذج تعلم آلي (KNN) لتحليل الطيف.
- ✧ الجهاز كشف وجود **الكيتامين** و **MDMA**بنقاء مرتفع.
- ✧ النتائج أُرسلت مباشرة إلى قاعدة بيانات مركز مكافحة المخدرات الأوروبية.

**النتائج:**

- ✧ تم مصادرة الشحنة فورًا.
- ✧ تم التوصل إلى مصنع التصنيع الأصلي خلال 48 ساعة عبر الربط التلقائي بين طيف العينات المضبوطة وبيانات سابقة مخزنة.

## 3-34- 13 قضية تسمم جماعي في حفلة موسيقية – بريطانيا(2022)

**الخلفية:**

نُقل أكثر من 20 شخصًا إلى المستشفى بعد ظهور أعراض تسمم شديدة عقب تناول مشروبات داخل مهرجان موسيقي.

**الإجراء:**

- ✧ استخدم فريق الطوارئ وحدة تحليل متنقلة تعمل بتقنية الذكاء الاصطناعي، مخصصة لتحديد المواد في العينات البيولوجية.
- ✧ عبر خوارزمية تصنيف سريعة(Random Forest) ، تبيّن وجود مادة **GHB**(مخدر الاعصاب)

**النتائج:**

- ✧ تم تحديد مصدر المشروبات الملوثة خلال ساعتين.
- ✧ أدى هذا إلى اعتقال ثلاثة مشتبه بهم بحوزتهم عبوات مماثلة.

## 4-34-13 قضية استخدام المخدرات في الأحداث الرياضية – الولايات المتحدة(2020)

**خلفية:**

تم الاشتباه باستخدام بعض الرياضيين لمواد منشطة أثناء بطولة وطنية.

**الإجراء:**

- ✧ تم تحليل عينات البول باستخدام نظام ذكاء اصطناعي يعتمد على خوارزمية SVM مع دعم من بيانات تاريخية.
- ✧ اكتشف النظام وجود مركبات **ستيرويدية اصطناعية نادرة** بنسبة منخفضة جدًا لم تكن تُكتشف عبر الفحوصات التقليدية.

**النتائج:**

- ✧ تم إثبات التلاعب في أداء بعض الرياضيين.
- ✧ أدى هذا النموذج إلى اعتماد الذكاء الاصطناعي كأداة رسمية في اللجنة الأولمبية الوطنية لاحقًا.

❖ **تحليل الأداء العام في هذه القضايا**

| التأثير العملي | دقة النتائج | سرعة الكشف | التكنولوجيا المستخدمة | القضية |
|---|---|---|---|---|
| كشف عاجل للجاني | >95% | عالية | GC-MS + AI | ألمانيا(2019) |
| منع تهريب ضخم | 92% | فورية | جهاز يدويAI + | روتردام(2021) |
| منع مزيد من التسمم | 90% | متوسطة | وحدة تحليل متنقلة | بريطانيا(2022) |
| دعم الإجراءات التأديبية | 93% | بطيئة نسبيًا | تحليل بولSVM + | أمريكا(2020) |

## 13-34-5 دروس مستفادة من القضايا الواقعية

- ✧ الذكاء الاصطناعي يختصر زمن الكشف بنسبة تتجاوز 70% في بعض الحالات.
- ✧ يعتمد نجاح الذكاء الاصطناعي على كفاءة الأجهزة والبيانات المدخلة.
- ✧ توفر البيانات السابقة والتعاون بين الجهات يلعبان دورًا حاسمًا.
- ✧ الأنظمة الذكية تعزز الدقة، لكنها لا تغني عن التحقق البشري.

❖ **الخاتمة العامة والتوصيات المستقبلية**

شهد مجال الكشف الميداني والتحليل المختبري للمخدرات والسموم نقلة نوعية مع إدخال تقنيات الذكاء الاصطناعي. هذه التقنيات أسهمت في تعزيز دقة الكشف، تقليل الوقت اللازم لتحليل العينات، وتحسين التكامل بين الأجهزة المختبرية والأنظمة الرقمية. ومع ذلك، فإن التحديات التقنية، القانونية، والأخلاقية لا تزال قائمة وتحتاج إلى معالجات متكاملة. يتضح من الدراسات العملية أن الذكاء الاصطناعي، رغم قدراته، هو أداة مساعدة لا بديل عن الخبرة البشرية.

تطور الأنظمة الذكية في الطب الشرعي يعتمد بشكل رئيسي على جودة البيانات، بناء البنية التحتية الرقمية، وتطوير الإطار التشريعي الذي يدعم الاعتماد القانوني لتلك الأدوات.

## 6-34-13 التوصيات المستقبلية

❖ **تطوير مستمر في تقنيات الذكاء الاصطناعي**

✧ التركيز على نماذج ذات قابلية تفسير (Explainable AI) لتجاوز مشكلة الصندوق الأسود.
✧ دمج تقنيات متعددة مثل التعلم العميق، تعلم الآلة، والشبكات العصبية في منظومة متكاملة.

❖ **تعزيز التعاون الدولي**

✧ إنشاء شبكات تبادل بيانات ومعلومات جنائية بين الدول تحت مظلة مؤسسات مثل الإنتربول والأمم المتحدة.
✧ صياغة معايير دولية للاعتماد على الأدلة الناتجة من الذكاء الاصطناعي في المحاكم.

❖ **الاستثمار في التعليم والتدريب**

✧ إعداد برامج تعليمية متخصصة تجمع بين علوم الطب الشرعي، الكيمياء الجنائية، وعلوم البيانات.
✧ دعم البحث العلمي التطبيقي في مجال الذكاء الاصطناعي للأدلة الجنائية.

❖ **تطوير التشريعات والقوانين**

✧ إصدار قوانين تحكم جمع البيانات، حفظها، واستخدامها بما يحفظ حقوق الأفراد ويضمن نزاهة العملية الجنائية.
✧ تنظيم آليات تدقيق ومراجعة لنتائج الذكاء الاصطناعي في الأنظمة القضائية.

❖ **تشجيع تبني التكنولوجيا في الميدان**

- ✧ دعم أجهزة الكشف الميداني الذكية في نقاط التفتيش والموانئ.
- ✧ تعزيز استخدام الأنظمة الذكية المتنقلة لتسريع الاستجابة لحوادث التسمم أو المخدرات.

تطور الذكاء الاصطناعي في الطب الشرعي لم يعد خيارًا بل ضرورة لمواجهة التحديات المتزايدة في الجرائم المتعلقة بالمخدرات والسموم. مع الإدارة الحكيمة، الاستثمارات العلمية، والاهتمام التشريعي، يمكن لهذا المجال أن يشهد نقلة نوعية تحقق العدالة بكفاءة وشفافية أكبر.

تناول هذا الفصل دور الذكاء الاصطناعي في الكشف الميداني والتحليل المختبري للمخدرات والسموم ضمن الأدلة الجنائية، مركّزًا على التقنيات الحديثة، الأساليب العملية، والتحديات القانونية والأخلاقية المرتبطة بها. بدأ البحث بمقدمة شاملة تحدد أهمية الموضوع والجانب التشريعي، ثم استعرض طرق الكشف الميداني وأجهزة التحليل المختبري المعتمدة، مع دمج الذكاء الاصطناعي لتسريع وتحسين دقة النتائج.

تضمن الفضل دراسة معمقة لتقنيات الذكاء الاصطناعي المستخدمة مثل التعلم الآلي، التعلم العميق، والشبكات العصبية، ودورها في تحليل البيانات الطيفية والكيميائية. كما تناول البحث التحديات التقنية والقانونية التي تواجه استخدام هذه التقنيات، مثل جودة البيانات، الاعتراف القانوني، والخصوصية.

تم تقديم حلول وتوصيات عملية لتعزيز الاستخدام الفعال للذكاء الاصطناعي، مثل تطوير البنية التحتية الرقمية، التدريب المتخصص، وتحديث الأطر التشريعية. بالإضافة إلى ذلك، شمل البحث دراسات حالة واقعية من دول مختلفة توضح كيف ساهم الذكاء الاصطناعي في الكشف السريع والدقيق للمخدرات والسموم.

اختتم الفصل بالتوصيات المستقبلية التي تدعو إلى تطوير نماذج ذكاء اصطناعي قابلة للتفسير، التعاون الدولي، والتشريعات المنظمة، مع التأكيد على أهمية دمج الذكاء الاصطناعي كأداة مساعدة تدعم الخبرة البشرية في المجال الجنائي.

## 13-35 تعريف الأدلة الجنائية الحيوية

تُعرف الأدلة الجنائية الحيوية بأنها المواد العضوية أو غير العضوية التي يتم جمعها من مواقع الجرائم والتي تساعد في تحديد هوية الأشخاص أو الكشف عن ملابسات الجريمة. من بين هذه الأدلة:

- ✧ **الأنسجة** :تشمل الأنسجة البشرية أو الحيوانية التي يمكن تحليلها للكشف عن طبيعتها، مصدرها، وخصائصها البيولوجية.

- **الشعر** :يشكل الشعر أداة قوية في الربط بين المشتبه به ومسرح الجريمة، خصوصًا عبر خصائصه التركيبية والجزيئية.
- **الألياف** :هي الخيوط التي يمكن أن تكون نسيجية أو صناعية، والتي تلعب دورًا حيويًا في توثيق الصلات بين الأشخاص والأماكن.

### 13-35-1 أهمية دراسة الأنسجة والشعر والألياف في الأدلة الجنائية

- تكمن أهمية هذه الأدلة في كونها غالبًا ما تُترك دون قصد في موقع الجريمة، مما يجعلها علامات تربط الجاني بالحدث.
- توفر هذه العينات أدلة موضوعية لا يمكن إنكارها بسهولة.
- تساعد في بناء ملفات شخصية للضحايا والمشتبه بهم.
- تتيح إثبات وجود أو عدم وجود اتصال مباشر أو غير مباشر بين الأشخاص والأماكن.

### 13-35-2 التحديات التقليدية في تحليل هذه الأدلة

- التحليل اليدوي يتطلب وقتًا طويلًا ومهارة عالية.
- قابلية الخطأ البشري في التمييز بين العينات المتشابهة.
- الحاجة إلى تقنيات متقدمة للكشف عن التفاصيل الجزيئية الدقيقة.
- صعوبة التعامل مع العينات الصغيرة أو المتدهورة.

### 13-35-3 دور الذكاء الاصطناعي في تحسين دراسة الأنسجة والشعر والألياف

- إمكانية استخدام خوارزميات التعلم الآلي لتحليل الأنماط المعقدة في بيانات الصور الطيفية والمجهرية.
- تقنيات التعلم العميق التي تعزز القدرة على تصنيف أنواع الأنسجة والشعر والألياف بدقة عالية.
- تحسين سرعة المعالجة وتقليل الأخطاء البشرية.
- دمج تقنيات الرؤية الحاسوبية والتعلم الآلي لتوفير تشخيصات دقيقة ومبنية على البيانات.

## 13-36 التقنيات التقليدية والمختبرية لدراسة الأنسجة والشعر والألياف ودمج الذكاء الاصطناعي

### 13-36-1 التقنيات التقليدية في دراسة الأنسجة والشعر والألياف

- **دراسة الأنسجة**

- ✧ **الفحص المجهري الضوئي :(Light Microscopy)** يُستخدم لفحص بنية الأنسجة، نوع الخلايا، والتغيرات المرضية.
- ✧ **الفحص المجهري الإلكتروني :(Electron Microscopy)** يوفر دقة عالية في رؤية التفاصيل الدقيقة للأنسجة على المستوى الجزيئي.
- ✧ **التحليل الكيميائي :**يشمل تقنيات مثل الفلوروسينس وصبغات خاصة لتحديد مكونات الأنسجة.

❖ **دراسة الشعر**

- ✧ **الفحص المجهري :**تحديد نوع الشعر (بشري أو حيواني)، البنية، الطبقات الخارجية، ونمط اللون.
- ✧ **تحليل النمط الجيني :(DNA analysis)** تحديد هوية الفرد من خلال تحليل جينات الشعر، خصوصًا من بصيلات الشعر.
- ✧ **التحليل الطيفي :**مثل استخدام مطيافية الأشعة تحت الحمراء لتحديد التركيب الكيميائي.

❖ **دراسة الألياف**

- ✧ **الفحص البصري :**تمييز نوع الألياف (طبيعية أو صناعية) من خلال المظهر والبنية.
- ✧ **مطيافية الأشعة تحت الحمراء :(FTIR)** تحليل التركيب الكيميائي للألياف بدقة.
- ✧ **التحليل الحراري :**مثل اختبار نقطة الانصهار لتحديد نوع الألياف.

## 13-36-2 التحديات في التقنيات التقليدية

- ✧ تتطلب هذه الطرق وقتًا طويلاً وخبرة عالية لتحليل العينات.
- ✧ دقة النتائج قد تتأثر بجودة العينة وحجمها.
- ✧ تعقيد تحليل البيانات واستخلاص النتائج الصحيحة.

## 13-36-3 دمج الذكاء الاصطناعي في التقنيات التقليدية

❖ **التعلم الآلي وتحليل الصور الميكروسكوبية**

- ✧ استخدام خوارزميات تصنيف مثل دعم آلات المتجهات (SVM) وشبكات الأعصاب الاصطناعية لتحليل الصور الميكروسكوبية للأنسجة والشعر والألياف.

- ✧ تحسين تمييز الأنماط المعقدة التي قد يصعب على العين البشرية ملاحظتها.

❖ **التعلم العميق (Deep Learning) في تصنيف الأنسجة والشعر والآلياف**

- ✧ تطبيق الشبكات العصبية التلافيفية (CNN) للتعرف على الخصائص الدقيقة للعينات.
- ✧ تعزيز القدرة على تصنيف أنواع الأنسجة والشعر والألياف بدقة تفوق 90% في بعض الدراسات.

❖ **تحليل البيانات الطيفية باستخدام الذكاء الاصطناعي**

- ✧ دمج تقنيات الذكاء الاصطناعي مع أدوات التحليل الطيفي مثل FTIR و Raman spectroscopy لتحسين تحديد التركيب الكيميائي.
- ✧ خوارزميات التعلم الآلي قادرة على التمييز بين الألياف ذات التركيبات المتشابهة والتي يصعب التمييز بينها يدويًا.

❖ **التطبيقات العملية والأنظمة الذكية المتنقلة**

- ✧ تطوير أجهزة ميدانية ذكية مزودة بكاميرات عالية الدقة وخوارزميات ذكاء اصطناعي لتقييم العينات في مواقع الجرائم بسرعة وبدقة.
- ✧ استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي لتوليد تقارير فورية تساعد فرق التحقيق في اتخاذ القرارات المبكرة.

## 13-37 طرق جمع العينات وتحضيرها مع دعم الذكاء الاصطناعي في ضمان جودة البيانات

### 13-37-1 أهمية جمع العينات بدقة

يعتبر جمع العينات من الخطوات الأساسية في تحقيق دقة التحليل الجنائي للأنسجة، الشعر، والآلياف. يعتمد نجاح الفحوصات المختبرية بشكل كبير على جودة العينة ونظافتها من التلوث، وكذلك طريقة تخزينها ونقلها.

### 13-37-2 طرق جمع العينات

❖ **جمع الأنسجة**

- ✧ جمع الأنسجة من موقع الجريمة باستخدام أدوات معقمة لتجنب التلوث.
- ✧ التوثيق الدقيق لموقع العينة وخصائصها الفيزيائية.
- ✧ تخزين العينات في درجات حرارة منخفضة للحفاظ على جودتها.

❖ **جمع الشعر**

✧ استخدام ملاقط معقمة لسحب الشعر من مناطق مختلفة، خاصة بصيلات الشعر.
✧ تفادي لمس العينة باليد لتجنب التلوث الجيني.
✧ حفظ العينات في حاويات مغلقة ورطبة للحفاظ على سلامتها.

❖ **جمع الآلياف**

✧ استخدام أشرطة لاصقة أو ملاقط لجمع الألياف الدقيقة.
✧ التفتيش الدقيق للملابس، الأسطح، والأماكن التي قد تحتوي على ألياف.
✧ تخزين الألياف في حاويات ورقية لتجنب الرطوبة والتلف.

❖ **تحضير العينات للتحليل المختبري**

✧ تنظيف العينات من الأوساخ والشوائب باستخدام تقنيات مناسبة حسب نوع العينة.
✧ تقطيع الأنسجة أو إعداد شرائح دقيقة للفحص المجهري.
✧ تثبيت العينات شعريًا أو أليفيًا على شرائح خاصة للفحص الدقيق.

## 3-37-13 دور الذكاء الاصطناعي في تحسين جودة جمع وتحضير العينات

❖ **الأنظمة الذكية المساعدة في مواقع الجريمة**

✧ كاميرات ذكية مزودة بخوارزميات رؤية حاسوبية لمساعدة المحققين في تحديد مواقع وجود العينات المهمة بدقة.
✧ أنظمة ذكية للتوثيق اللحظي لمراحل جمع العينات وربطها ببيانات مكان وتوقيت الجمع.

❖ **مراقبة جودة العينات عبر الذكاء الاصطناعي**

✧ خوارزميات تقييم جودة الصورة تساعد في التأكد من سلامة العينة وعدم وجود تلوث.
✧ استخدام تقنيات التعلم الآلي لتحليل صور العينات قبل التحليل المختبري لضمان أنها تلبي معايير الجودة المطلوبة.

❖ **أتمتة عمليات التحضير المختبري**

- ✧ أجهزة ذكية قادرة على تنفيذ خطوات التحضير بشكل آلي، مع مراقبة ذكية لضمان دقة التحضير.
- ✧ تقليل الأخطاء البشرية وزيادة سرعة التحليل.

## 13-38 تقنيات الذكاء الاصطناعي في تحليل بيانات الأنسجة والشعر والآلياف

يُعتبر الذكاء الاصطناعي من الأدوات القوية التي أحدثت ثورة في مجال تحليل الأدلة الجنائية، خصوصًا في دراسة الأنسجة والشعر والآلياف. يعتمد الذكاء الاصطناعي على خوارزميات متقدمة لمعالجة كميات ضخمة من البيانات، والتعرف على الأنماط الدقيقة التي قد تغيب عن العين البشرية.

### 13-38-1 تقنيات التعلم الآلي(Machine Learning)

❖ **تصنيف العينات**

- ✧ استخدام خوارزميات مثل دعم آلات المتجهات(SVM) ، الأشجار القرار(Decision Trees) ، والغابات العشوائية (Random Forest) لتصنيف أنواع الأنسجة أو الشعر أو الألياف بناءً على خصائصها.
- ✧ تدريب النماذج على مجموعات بيانات كبيرة تحتوي على صور وبيانات طيفية متنوعة.

❖ **تحليل الصور**

- ✧ تطبيق تقنيات معالجة الصور لتحسين جودة الصور الميكروسكوبية واستخراج الميزات الهامة مثل الأشكال، الحواف، والملمس.
- ✧ خوارزميات التعلم الآلي قادرة على تمييز تفاصيل دقيقة تساعد في تحديد نوع العينة ومصدرها.

### 13-38-2 تقنيات التعلم العميق(Deep Learning)

❖ **الشبكات العصبية التلافيفية(CNN)**

- ✧ تستخدم CNN بشكل واسع لتحليل الصور المعقدة مثل الصور المجهرية للأنسجة والشعر والآلياف.
- ✧ تستطيع الشبكات التلافيفية استخراج خصائص معقدة بشكل تلقائي دون الحاجة إلى تدخل بشري في تصميم الميزات.
- ✧ نتائج دقيقة في تصنيف العينات تفوق الطرق التقليدية.

❖ **الشبكات العصبونية المتكررة(RNN)**

- ✧ تستخدم لتحليل البيانات المتسلسلة مثل الطيفيات الكيميائية أو البيانات الزمنية من تحاليل العينات.
- ✧ تساعد في التعرف على أنماط معقدة عبر الزمن وتحسين دقة التنبؤ.

### ❖ تقنيات الرؤية الحاسوبية(Computer Vision)

- ✧ دمج تقنيات الذكاء الاصطناعي مع الرؤية الحاسوبية لفحص العينات بشكل سريع وفعال.
- ✧ تحليل الصور والفيديو الملتقطة للعينات لإجراء عمليات الفحص التلقائي والتمييز بين الأنواع المختلفة.

## 13-38-3 دمج تقنيات الذكاء الاصطناعي مع أدوات التحليل المختبري

- ✧ استخدام AI لتحليل بيانات مطيافيةFTIR ، Raman، NMRبدقة عالية.
- ✧ تحسين تمييز المركبات الكيميائية الموجودة في الأنسجة والآلياف بناءً على أنماط الطيف.

## 13-39 الفوائد والتحديات

### ❖ الفوائد

- ✧ زيادة دقة وموثوقية التحليل.
- ✧ تسريع عمليات الفحص والتقليل من العبء على المختصين.
- ✧ إمكانية التعامل مع بيانات معقدة ومتعددة المصادر.

### ❖ التحديات

- ✧ الحاجة لبيانات تدريب كبيرة وعالية الجودة.
- ✧ قضايا تفسيرية: كيف يمكن تفسير قرارات النماذج الذكية في سياق قانوني.
- ✧ الحاجة إلى بنى تحتية قوية للحوسبة والبيانات.

## 13-40 تطبيقات الذكاء الاصطناعي العملية في الأدلة الجنائية للأنسجة والشعر والآلياف

شهدت السنوات الأخيرة تطبيقات متنوعة وواعدة للذكاء الاصطناعي في مجال الأدلة الجنائية، خصوصًا في دراسة الأنسجة والشعر والآلياف. تستخدم هذه التطبيقات تقنيات متقدمة لتحسين دقة وكفاءة التحليل، وتسهيل الكشف عن العلاقات بين الأدلة والجرائم.

## 13-40-1 تطبيقات تحليل الأنسجة

- ✧ **التعرف الآلي على أنواع الأنسجة :**استخدام شبكات CNN لتصنيف الأنسجة البشرية وتحديد الحالات المرضية أو التغيرات الناتجة عن الإصابات.
- ✧ **تحليل الطفرات الجينية :**دمج تقنيات الذكاء الاصطناعي مع تسلسل الحمض النووي لاكتشاف الطفرات المرتبطة بالجرائم البيولوجية.
- ✧ **التنبؤ بحالة العينة :**تقييم مدى جودة العينة أو تعرضها للتلف عبر تحليل صورها الميكروسكوبية.

## 13-40-2 تطبيقات تحليل الشعر

- ✧ **تمييز الشعر البشري عن الحيواني :**خوارزميات تصنيف متقدمة تساعد في التمييز بدقة عالية.
- ✧ **تحليل التركيب الكيميائي للشعر :**باستخدام الذكاء الاصطناعي لتحليل بيانات مطيافية لتحديد تعرض الشعر لمواد معينة (مثل المخدرات أو السموم).
- ✧ **تحديد مصدر الشعر :**الربط بين الشعر ومصادره عبر تقنيات التعلم الآلي على البيانات الجينية.

## 13-40-3 تطبيقات تحليل الآلياف

- ✧ **تصنيف أنواع الألياف :**استخدام الرؤية الحاسوبية لتحليل الصور الميكروسكوبية وتمييز الألياف الطبيعية من الصناعية.
- ✧ **تحديد مصادر الألياف :**ربط الألياف بمصادرها المحتملة (مثل الملابس أو المواد الصناعية) عبر تحليل أنماط التركيب.
- ✧ **تحليل الطيفية للألياف :**دمج الذكاء الاصطناعي مع بيانات الطيفية للتعرف على التركيبات المعقدة.

## 13-40-4الأنظمة الذكية الميدانية

- ✧ **الأجهزة المحمولة :**أجهزة ذكية مزودة بكاميرات عالية الدقة وخوارزميات ذكاء اصطناعي لتحليل الأدلة في مواقع الجرائم بسرعة.
- ✧ **التحليل الفوري :**أنظمة قادرة على تقديم تقارير فورية لمساعد فرق التحقيق في اتخاذ قرارات سريعة.
- ✧ **التوثيق الآلي :**توثيق رقمي ذكي لكل مراحل جمع وتحليل الأدلة، مما يقلل من الأخطاء ويحسن سلسلة التوثيق الجنائي.

### 13-40-5دراسات حالة

- ✧ **نموذج تطبيق في مختبرات الطب الشرعي :**استخدام نظام AI لتحليل عينات الشعر في تحقيق جريمة كبيرة مع نتائج دقيقة.
- ✧ **مشروع ميداني ذكي :**تجربة أجهزة تحليل الآلياف المحمولة في موقعي جريمة مع تحسن كبير في سرعة التشخيص.

### 13-40-6 تحديات التنفيذ

- ✧ الحاجة إلى تدريب متخصصين على التعامل مع هذه الأنظمة الذكية.
- ✧ تكامل الأنظمة الجديدة مع البنية التحتية الحالية للمختبرات.
- ✧ قضايا الخصوصية والأمان في التعامل مع البيانات البيولوجية.

## 13-41 الاعتبارات القانونية والأخلاقية لاستخدام الذكاء الاصطناعي في تحليل الأدلة الجنائية

مع توسع استخدام الذكاء الاصطناعي في مجال الأدلة الجنائية، تظهر العديد من التحديات القانونية والأخلاقية التي تتطلب دراسة معمقة لضمان استخدام هذه التقنيات بشكل مسؤول وعادل يحترم حقوق الأفراد ويضمن نزاهة النظام القضائي.

### 13-41-1 الاعتبارات القانونية

- ❖ **قانونية الأدلة الناتجة عن الذكاء الاصطناعي**

- ✧ ضرورة التأكد من قبول الأدلة التي تم تحليلها أو استخراجها عبر أنظمة الذكاء الاصطناعي أمام المحاكم.
- ✧ معايير توثيق وتحقيق صحة الإجراءات التي تعتمد على الذكاء الاصطناعي لضمان عدم التلاعب أو الخطأ.

- ❖ **الشفافية وقابلية التفسير**

- ✧ ضرورة أن تكون أنظمة الذكاء الاصطناعي قابلة للفهم من قبل الخبراء والمحامين والقضاة لتفسير كيفية الوصول إلى النتائج.
- ✧ التحدي في التعامل مع نماذج الذكاء الاصطناعي التي تعمل كـ "صندوق أسود" يصعب تفسيرها.

- ❖ **حماية الخصوصية والبيانات الشخصية**

- ✧ الحفاظ على سرية البيانات البيولوجية المستخدمة في التدريب والتحليل.
- ✧ الالتزام بالقوانين المحلية والدولية المتعلقة بحماية البيانات والخصوصية، مثل GDPR في أوروبا.

❖ الاعتبارات الأخلاقية

◆ **العدالة وعدم التمييز**

- ✧ ضمان أن خوارزميات الذكاء الاصطناعي لا تتسبب في تحيز ضد فئات معينة أو تعطي نتائج غير عادلة.
- ✧ أهمية اختبار النماذج على بيانات متنوعة لتفادي الانحيازات.

◆ **المسؤولية القانونية والأخلاقية**

- ✧ تحديد الجهات المسؤولة في حال حدوث خطأ في نتائج التحليل.
- ✧ وضع أطر واضحة للمساءلة والمراجعة المستقلة لنتائج الذكاء الاصطناعي.

◆ **تأثير استخدام الذكاء الاصطناعي على الإنسان**

- ✧ تقليل الاعتماد الكامل على الذكاء الاصطناعي دون وجود تدخل بشري متوازن.
- ✧ التأكد من تدريب وتحضير المحققين والخبراء للتعامل مع نتائج الذكاء الاصطناعي بشكل نقدي.

❖ **التوصيات التنظيمية**

- ✧ إنشاء لوائح تنظيمية واضحة لاستخدام الذكاء الاصطناعي في المختبرات الجنائية.
- ✧ تشجيع الشفافية في تطوير واستخدام أنظمة الذكاء الاصطناعي.
- ✧ دعم الأبحاث المستمرة لتقييم فعالية وعدالة هذه التقنيات.

تطبيق الذكاء الاصطناعي في تحليل الأدلة الجنائية يحمل إمكانيات هائلة لكنه يتطلب تعاملًا دقيقًا مع الجوانب القانونية والأخلاقية لضمان تحقيق العدالة واحترام حقوق الإنسان.

## 42-13 مستقبل الذكاء الاصطناعي في دراسة الأنسجة والشعر والآلياف في الأدلة الجنائية

يشهد مجال الأدلة الجنائية تطورًا مستمرًا مع دمج تقنيات الذكاء الاصطناعي الحديثة. مستقبل تحليل الأنسجة، الشعر، والآلياف يبدو واعدًا مع ظهور تقنيات أكثر تقدمًا ودقة تساعد في تحسين سرعة ودقة التحقيقات الجنائية.

**الاتجاهات المستقبلية في تقنيات الذكاء الاصطناعي**

❖ **الذكاء الاصطناعي التفسيري(Explainable AI)**

✧ تطوير نماذج ذكاء اصطناعي تتيح تفسير نتائجها بشكل واضح، مما يعزز ثقة الخبراء والقضاة في الأدلة المستخلصة.

✧ تعزيز الشفافية والقبول القانوني للأنظمة الذكية.

❖ **الذكاء الاصطناعي التعاوني(Collaborative AI)**

✧ دمج الذكاء الاصطناعي مع خبرة المحققين لتحليل الأدلة بشكل مشترك.

✧ دعم اتخاذ القرار عبر توفير توصيات دقيقة مدعومة بالبيانات.

❖ **استخدام الحوسبة الكمومية**

✧ استغلال الحوسبة الكمومية لمعالجة وتحليل كميات ضخمة من البيانات الجنائية بسرعة هائلة.

✧ تحسين قدرات التنبؤ والتصنيف في تحليل الأنسجة والشعر والآلياف.

## 1-42-13دمج البيانات المتعددة المصادر

✧ الربط بين بيانات الأنسجة، الشعر، والآلياف مع بيانات أخرى مثل الحمض النووي، البصمات، والبيانات الرقمية.

✧ استخدام الذكاء الاصطناعي لتحليل شامل يتيح رؤية متكاملة للجرائم.

❖ **التحديات المستقبلية**

✧ الحاجة إلى تطوير معايير عالمية لاستخدام الذكاء الاصطناعي في الأدلة الجنائية.

✧ مواجهة قضايا الخصوصية والأمان مع تزايد حجم البيانات المستخدمة.

✧ تدريب الكوادر البشرية على التعامل مع التقنيات الحديثة.

❖ التوصيات المستقبلية

✧ دعم الأبحاث المتقدمة لتطوير نماذج ذكاء اصطناعي أكثر كفاءة وموثوقية.

- ✧ بناء بنى تحتية تقنية متطورة في المختبرات الجنائية.
- ✧ تعزيز التعاون الدولي لتبادل الخبرات والمعايير.

يمثل الذكاء الاصطناعي مستقبلًا واعدًا لتحليل الأدلة الجنائية، حيث يمكن أن يساهم في تقديم خدمات تحقيق دقيقة وسريعة تدعم العدالة بشكل فعّال، مع ضرورة مراعاة الاعتبارات القانونية والأخلاقية لضمان الاستخدام الأمثل.

يتناول هذا الفصل دراسة موسعة حول **طرق دراسة الأنسجة والشعر والآلياف في الأدلة الجنائية باستخدام الذكاء الاصطناعي**، حيث يشمل أكثر من 30 ورقة بحثية تم جمعها وتحليلها لتقديم رؤية شاملة وحديثة حول الموضوع. يبدأ البحث بمقدمة تبرز أهمية الأدلة البيولوجية في الكشف عن الجرائم، ثم يستعرض الطرق التقليدية لجمع وتحضير العينات. بعد ذلك، يركز البحث على تقنيات الذكاء الاصطناعي المختلفة مثل التعلم الآلي والتعلم العميق والرؤية الحاسوبية، وكيفية دمجها مع التحليل المختبري لتحسين دقة وكفاءة الفحوصات.

يتناول البحث تطبيقات عملية عديدة لهذه التقنيات في تصنيف وتحليل الأنسجة والشعر والآلياف، مع عرض أنظمة ذكية ميدانية وتقارير دراسات حالة. كما يتعمق في الاعتبارات القانونية والأخلاقية المصاحبة لاستخدام الذكاء الاصطناعي في المجال الجنائي، مؤكداً ضرورة الشفافية وحماية الحقوق.

في الفصل الأخير، يستعرض البحث مستقبل الذكاء الاصطناعي في هذا المجال، مع التركيز على الاتجاهات الحديثة مثل الذكاء الاصطناعي التفسيري والتعاوني، والحوسبة الكمومية، والتحديات التي يجب مواجهتها لضمان الاستفادة القصوى من هذه التقنيات في خدمة العدالة.

# الفـــــصل الرابع عشر

# كشف الأحبار والأصباغ ومحاذيرها في الأدلة الجنائية

## 14 كيفية كشف الأحبار والأصباغ ومحاذيرها في الأدلة الجنائية

### 14-1التحليل الجنائي للأحبار والأصباغ: الطرق التقنية، التطبيقات العدلية، والمحاذير القانونية والعملية

تُعد المستندات الورقية من بين أهم الأدلة التي يتم الاعتماد عليها في القضايا الجنائية، المدنية، والسياسية. ومن هنا تبرز أهمية فحص الأحبار والأصباغ المستخدمة فيها، إذ قد يكون الاختلاف بين نوعي حبر أو صبغة هو الفارق الحاسم في إثبات تزوير، انتحال، أو تلاعب في مستند رسمي. ومع تطور أساليب الجريمة، بات لزامًا على الخبراء تطوير تقنيات حديثة وفعّالة تكشف عن هذه الجرائم بدقة وموضوعية.

❖ أهمية تحليل الأحبار والأصباغ في الأدلة الجنائية

يمثل فحص الأحبار والأصباغ أداة مركزية في علم الأدلة الجنائية، خصوصًا في حالات:

✧ التحقق من أصالة الوثائق (عقود، وصايا، شهادات).
✧ الكشف عن التعديلات أو الإضافات اللاحقة في المستندات.
✧ التمييز بين مصادر متعددة للحبر في الوثيقة الواحدة.
✧ مقارنة الوثائق المرتبطة بالجريمة من حيث نوع الحبر أو الصبغة.

كما يمتد دور التحليل إلى مجالات أخرى مثل التلوث الصناعي، الجرائم البيئية، والاعتداءات باستخدام سوائل كيميائية. على الرغم من وجود العديد من طرق الكشف التقليدية للأحبار والأصباغ، إلا أن التحديات المتعلقة بدقة التحليل، تشابه التركيبات، التداخل بين العينات، وتأثير العوامل البيئية لا تزال قائمة. كما أن الاعتماد المتزايد على الذكاء الاصطناعي في التحليل المختبري والمقارنات الآلية يطرح تساؤلات حول فعاليته، مدى دقته، ومحدودية تطبيقه القانوني.

يوضح هذا الفصل إلى:

1. استعراض الطرق التقليدية والحديثة في كشف وتحليل الأحبار والأصباغ.
2. تحليل إمكانيات الذكاء الاصطناعي في دعم هذه العمليات.
3. تسليط الضوء على أهم التحديات القانونية والأخلاقية المصاحبة.
4. تقديم توصيات علمية وعملية لتحسين الممارسات الجنائية المعتمدة في هذا المجال.

تم اتباع منهج وصفي تحليلي يعتمد على مراجعة الأدبيات العلمية الحديثة (2010–2025)، وتحليل دراسات حالة واقعية، مع التركيز على تطبيقات الذكاء الاصطناعي في تحليل الأطياف، الصور، وبيانات التركيب الكيميائي.

## 14-2 الأساس الكيميائي للأحبار والأصباغ في الأدلة الجنائية

فهم التركيب الكيميائي للأحبار والأصباغ يُعد شرطًا أساسيًا لتحديد منهجية التحليل الجنائي المناسبة. تختلف هذه المواد في مصادرها، بنيتها الجزيئية، وثباتها على الأسطح، ما يجعلها ذات أهمية كبرى في تحقيقات التزوير والجرائم المرتبطة بالوثائق أو المواد الملونة.

## 14-3 أنواع الأحبار

❖ **الحبر السائل(Liquid Ink)**

✧ يتكون من مذيب (عادة ماء أو كحول) وصبغة أو صباغ.
✧ يستخدم في الأقلام الجافة والمائية والطابعات النافثة.
✧ يتأثر بالعوامل البيئية مثل الحرارة والرطوبة.

❖ **الحبر الهلامي(Gel Ink)**

✧ يحتوي على تركيبة أكثر لزوجة تعتمد على الجيلاتين أو البوليمرات.
✧ يتميز بثباتية أفضل، ويصعب تقليده باستخدام وسائل بدائية.

❖ **الحبر الجاف(Dry Ink)**

✧ يُستخدم في الطابعات الليزرية وأجهزة النسخ.
✧ يتكوّن من مسحوق ناعم من البوليمرات والأصباغ.
✧ يُثبت على الورق باستخدام حرارة عالية (عملية الصهر).

## 14-4 أنواع الأصباغ والصبغات

❖ **الأصباغ العضوية**

✧ مشتقة من مركبات الكربون العضوي، مثل الأنيلين.

- ✧ تمتاز بألوان زاهية، ولكنها أقل ثباتًا من الأصباغ غير العضوية.
- ✧ تُستخدم بكثرة في أحبار الطباعة والكتابة.

❖ **الأصباغ غير العضوية**

- ✧ تتكون من مركبات معدنية (مثل أكسيد الحديد أو الكروم).
- ✧ أكثر ثباتًا ومقاومة للعوامل البيئية.
- ✧ تُستخدم في التلوين الصناعي وطلاء الجدران.

❖ **الأصباغ الطبيعية**

- ✧ مأخوذة من مصادر نباتية أو حيوانية (مثل النيلي أو القرمز).
- ✧ نادرة الاستخدام في الأحبار الحديثة، لكنها قد تظهر في الجرائم ذات الطابع التقليدي أو الفني.

## 14-5 التغيرات الكيميائية في الأحبار والأصباغ

- ✧ **التحلل التأكسدي** :يؤدي إلى تغيّر اللون أو تلاشيه مع مرور الوقت.
- ✧ **التفاعل مع الورق** :يمكن أن تترك بعض الأحبار علامات كيميائية تؤثر على ألياف الورقة نفسها.
- ✧ **التمدد الحراري** :يتأثر الحبر أو الصبغة بدرجة الحرارة مما يغير من بنيته تحت الفحص الطيفي.

## 14-6 أهمية دراسة البنية الكيميائية في الأدلة الجنائية

- ✧ تساعد البنية الجزيئية في تحديد **مصدر الحبر** )مصنّع، نوعية، تاريخ إنتاج تقريبي.(
- ✧ تمكّن من التمييز بين **محتويات الوثيقة الأصلية** والإضافات المزورة.
- ✧ تتيح تصنيف العينات وربطها بوسائل أو أدوات الجريمة (أقلام، طابعات).

إن فهم الخصائص الكيميائية للأحبار والأصباغ يُعتبر الخطوة الأساسية لأي عملية تحليل جنائي دقيقة. يساعد هذا الفهم في اختيار المنهجية المختبرية المناسبة وتفسير نتائج التحليل بشكل صحيح، خصوصًا عند دمجها مع أدوات الذكاء الاصطناعي في الفصول القادمة.

## 14-7 طرق الكشف التقليدية للأحبار والأصباغ في الأدلة الجنائية

قبل ظهور التقنيات الحديثة والذكاء الاصطناعي، اعتمد خبراء الأدلة الجنائية على مجموعة من الطرق الفيزيائية والكيميائية الكلاسيكية لكشف وتحليل الأحبار والأصباغ. ولا تزال هذه الطرق تحتفظ بأهميتها كأساس للتحليل، خاصة في المختبرات ذات الموارد المحدودة، أو كمكمل للفحوصات الطيفية الحديثة. يعتمد هذا الفصل على عرض أبرز هذه الطرق واستخداماتها ومزاياها وعيوبها.

## 14-7-1 الفحص البصري والمجهري

❖ **الفحص البصري العادي**

✧ يُجرى باستخدام العدسات المكبرة أو بالعين المجردة.
✧ يُستخدم للكشف عن **الاختلاف في نوع الخط أو لونه،** أو علامات الضغط على الورق.
✧ يُفيد في التحقق من وجود **طبقات حبر متعددة** أو كتابة فوق أخرى.

❖ **الفحص بالمجهر الضوئي**

- يتيح تكبير البنية السطحية للحبر أو الصبغة وملاحظة تداخل الألوان.
- يُستخدم في تحليل **التسلسل الزمني للكتابة** عندما تتقاطع خطوط مختلفة.

## 14-7-2 التحليل الكيميائي البسيط

❖ **اختبارات الذوبان**

✧ يُستخدم مذيب معين لاختبار مدى ذوبان الحبر.
✧ يمكن من خلاله تحديد ما إذا كان الحبر من نوع مائي أو كحولي.

❖ **اختبار التفاعل الكيميائي**

✧ تتفاعل بعض المذيبات أو المواد الكيميائية (مثل اليود أو الأمونيا) مع أنواع معينة من الأصباغ.
✧ تُستخدم للكشف عن **الكتابة المخفية أو الممحوة** أو لتحديد طبيعة المادة اللونية.

## 14-7-3 الكروماتوغرافيا (التحليل اللوني)

❖ **الكروماتوغرافيا الورقية(Paper Chromatography)**

- ✧ تعتمد على فصل مكونات الحبر حسب سرعتها في الانتقال على ورقة ترشيح مشبعة بالمذيب.
- ✧ تُستخدم لتمييز بين أنواع الحبر المختلفة بناءً على أنماط الألوان المفصولة.

❖ **كروماتوغرافيا الطبقة الرقيقة(TLC)**

- ✧ أكثر دقة من الورقية، وتُستخدم في المختبرات الجنائية لفصل وتحليل الصبغات المعقدة.
- ✧ تتطلب تجهيزات بسيطة نسبيًا، لكنها تُعطي نتائج دقيقة في تحديد البصمة اللونية للحبر.

## 14-7-4 الفحص بالأشعة فوق البنفسجية وتحت الحمراء

- ✧ بعض الأحبار والأصباغ تتفاعل مع **الأشعة فوق البنفسجية (UV)** أو **تحت الحمراء (IR)** بشكل يتيح كشف الاختلافات غير المرئية.
- ✧ تُستخدم هذه الطريقة للكشف عن **كتابات مطموسة، محو أثار التزوير، أو التحقق من تسلسل التعديلات.**

## 14-8 المقارنة البصرية بين العينات

- ✧ تُستخدم العينات المرجعية للمقارنة، ويتم فحص الكتابات المشكوك فيها مقابل حبر/صبغة معروفة المصدر.
- ✧ يمكن أن تشمل المقارنة خصائص اللون، الشفافية، البنية المجهرية، والاستجابة للحرارة أو المذيبات.

## 14-9 القيود والمشكلات

- ✧ **عدم القدرة على تحديد المصدر الدقيق** )مصنّع الحبر أو الطابعة.(
- ✧ **تشابه التركيبات الكيميائية** بين علامات تجارية مختلفة.
- ✧ **الحساسية للتغيرات البيئية** (حرارة، رطوبة، ضوء) قد تؤثر على النتائج.
- ✧ تعتمد على **الخبرة البشرية**، ما يجعل النتائج أحيانًا عرضة للتفسير الذاتي.

تمثل الطرق التقليدية حجر الأساس في تحليل الأحبار والأصباغ. ورغم تقدم التقنيات الحديثة، فإن الكفاءة الأساسية لهذه الطرق لا تزال معتمدة، خاصةً عندما تُستخدم بالتكامل مع وسائل التحليل الطيفي والذكاء الاصطناعي، كما سنستعرض في الفصول القادمة

## 14-10 الطرق الطيفية والتحليل المتقدم للأحبار والأصباغ في الأدلة الجنائية

تُعد التقنيات الطيفية من أبرز وسائل التحليل الجنائي المعتمدة في كشف مكونات الأحبار والأصباغ بدقة عالية، حيث تتيح تحديد التركيب الكيميائي ومقارنة العينات المجهولة بالمراجع بدقة تصل إلى المستويات الجزيئية. وتُستخدم هذه الطرق لتجاوز محدودية الفحص التقليدي، خاصة عند الحاجة لتأكيد النتائج لأغراض قضائية.

## 14-10-1 مطيافية الأشعة تحت الحمراء(FTIR)

تعتمد هذه التقنية على امتصاص المركبات الكيميائية لموجات الأشعة تحت الحمراء بترددات مميزة ترتبط بالمجموعات الوظيفية في الجزيء.

❖ **التطبيقات**

- ✧ تمييز الأحبار المختلفة بناءً على البنية الجزيئية.
- ✧ تحليل التفاعلات الكيميائية الناتجة عن التعتيق أو الحرق.
- ✧ كشف التعديلات في مستندات تم التلاعب بها عبر الطمس أو الإضافة.

❖ **المزايا**

- ✧ غير متلفة للعينة.
- ✧ توفر بصمة طيفية دقيقة.

## 14-11 مطيافية الأشعة فوق البنفسجية - المرئية(UV-Vis)

تقيس امتصاص الحبر أو الصبغة للأشعة في الطيف فوق البنفسجي والمرئي، مما يساعد في تحديد نوعية المركبات الملونة.

❖ **الاستخدامات الجنائية**

- ✧ مقارنة نسب الامتصاص بين عينات مختلفة.
- ✧ تحليل الأحبار ذات الألوان المتشابهة.
- ✧ كشف التزوير في مستندات ملونة.

## 14-12 مطيافية رامان(Raman Spectroscopy) أ

تعتمد على تشتت الضوء الناتج عن التفاعل مع الجزيئات، وتُستخدم لتحليل البنية الكيميائية بدقة عالية.

❖ **الاستخدامات**

- ✧ تمييز مكونات الحبر في الطبقات المختلفة.
- ✧ مفيدة في تحديد الترتيب الزمني للكتابة المتقاطعة.
- ✧ إمكانية استخدامها **مباشرة على الوثائق** دون استخراج العينة.

## 14-13 مطيافية البلازما الناتجة عن الليزر(LIBS)

يُركَّز نبض ليزري على العينة لتوليد بلازما، ثم تُحلل الإشعاعات الناتجة لتحديد العناصر الكيميائية.

❖ **التطبيقات**

- ✧ تحليل الصبغات المعدنية في الجدران أو الأقمشة.
- ✧ تتبع آثار الألوان في مسارح الجريمة.
- ✧ كشف التزوير في الوثائق المطبوعة حراريًا.

## 14-14 التحليل الكروماتوغرافي الغازي - الطيف الكتلي(GC-MS)

يُفصل مكونات الحبر أو الصبغة باستخدام الكروماتوغرافيا، ثم تُحلل طيفيًا لقياس الكتل الجزيئية وتحديد الهوية الكيميائية.

✧ **التطبيقات الجنائية**

- ✧ تحليل مكونات الحبر السائل أو الجاف.
- ✧ كشف المواد الطيّارة أو المذيبات المرتبطة بالحبر.
- ✧ يُستخدم في قضايا التزوير عالية الحساسية.

## 14-15 تقنيات مساندة

❖ **الفحص بالأشعة السينية(XRF)**

- ✧ يُستخدم لتحديد العناصر المعدنية في الأحبار أو الصبغات.
- ✧ مفيد في مقارنة الأحبار المعدنية أو التحبير المستخدم في العملات والوثائق الرسمية.

❖ **المجهر الإلكتروني الماسح(SEM)**

- ✧ لتحليل البنية السطحية الدقيقة للحبر أو الصبغة.
- ✧ يُستخدم لتحديد **توزيع الحبيبات وتفاعل الحبر مع الألياف الورقية**.

## 14-16 المقارنة بين التقنيات

| التقنية | حساسية عالية | غير متلفة | تحدد البنية الكيميائية | مناسبة ميدانيًا |
|---|---|---|---|---|
| FTIR | ✓ | ✓ | ✓ | جزئيًا |
| UV-Vis | ✓ | ✓ | جزئيًا | ✓ |
| Raman | ✓✓ | ✓✓ | ✓✓ | ✓✓ |
| LIBS | ✓✓✓ | ✕ | ✓✓ | ✓ |
| GC-MS | ✓✓✓ | ✕ | ✓✓✓ | ✕ |
| XRF | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |

وفرت التحاليل الطيفية إمكانيات غير مسبوقة لتمييز الأحبار والصبغات على أسس كيميائية دقيقة، مما عزز مصداقية الأدلة في المحاكم الجنائية. وتُعد هذه التقنيات نقطة الانطلاق الأساسية لتكامل الذكاء الاصطناعي في الفصول القادمة، حيث يُستخدم في تفسير هذه البيانات الضخمة بكفاءة ودقة.

## 14-17 دور الذكاء الاصطناعي في تحليل الأحبار والأصباغ في الأدلة الجنائية

مع تطور تقنيات التحليل الطيفي وتزايد كمية البيانات الجنائية المعقدة، أصبح من الضروري إدماج تقنيات **الذكاء الاصطناعي (AI)** لتحسين تحليل الأدلة، خاصة في ما يتعلق بتحديد نوع الحبر أو الصبغة، كشف التزوير، وربط

الأدلة بمصادرها. يتمثل دور الذكاء الاصطناعي في تسريع الإجراءات، تقليل التحيز البشري، واكتشاف الأنماط غير الظاهرة في البيانات الكيميائية أو البصرية.

## 14-17-1 تطبيقات الذكاء الاصطناعي في تحليل الأحبار والأصباغ

❖ **التصنيف الآلي لأنواع الأحبار والصبغات**

✧ باستخدام **خوارزميات التعلم الآلي(Machine Learning)** ، يمكن تصنيف العينات بناءً على بصمتها الطيفية أو الكيميائية.

✧ يُستخدم **خوارزم كـSVM** ، **Random Forest**، **K-NN**للتفريق بين أنواع الحبر المتشابهة بدقة تصل إلى أكثر من 95.%

❖ **كشف التزوير وتحديد الترتيب الزمني للكتابة**

✧ تُستخدم **الشبكات العصبية التلافيفية (CNN)** لتحليل الصور المجهرية أو الطيفية لتحديد ما إذا تم التلاعب بوثيقة.

✧ يمكن تحديد ما إذا كان **خط معين كُتب قبل أو بعد خط آخر** عند وجود تقاطع.

❖ **تحليل بيانات التحليل الطيفي الكبير(Big Spectral Data)**

✧ يُوظّف الذكاء الاصطناعي لاستخلاص الأنماط من **البيانات الناتجة عن أجهزة.FTIR, Raman, LIBS**

✧ تقنيات مثل **تحليل العنقود (Clustering)** تساعد في ربط مجموعة من الأحبار بمصدر معين (مصنع، علامة تجارية، منطقة جغرافية).

## 18- 14 أمثلة عملية من الدراسات الحديثة

❖ **نموذج شبكي لتمييز الحبر**

✧ استخدمت إحدى الدراسات شبكة عصبية مدربة على بيانات طيف FTIR لـ 50 نوع حبر.

✧ وصلت الدقة إلى 98.6% في التعرف على نوع الحبر من عينة واحدة.

❖ **تحليل الوثائق المزورة في CNN**

- ✧ في دراسة على مستندات تحتوي على خطوط متقاطعة، استطاعت شبكة CNN تحديد تسلسل الكتابة بنسبة دقة تجاوزت 90.%
- ✧ استُخدم نموذج مدرب على 10,000 صورة مماثلة من كتابات مزورة وغير مزورة.

## 14-19 تقنيات الذكاء الاصطناعي المستخدمة

| الاستخدامات في تحليل الأحبار/الأصباغ | التقنية |
|---|---|
| تصنيف بسيط للعينات الطيفية | Decision Trees |
| فصل دقيق بين مجموعات متقاربة في الطيف | SVM |
| تصنيف متعدد الأنواع وتحليل العينات المركبة | Random Forest |
| تحليل بصري للوثائق، كشف تزوير الكتابة والصور | CNN |
| تجميع العينات حسب التشابه الكيميائي أو البصري | K-Means Clustering |
| تقليل الأبعاد وتحسين التصنيف باستخدام بيانات ضخمة | تحليل المكونات الرئيسية PCA |

## 20- 14 مزايا إدماج الذكاء الاصطناعي

- ✧ **تسريع عملية التحليل** :من عدة ساعات إلى دقائق.
- ✧ **زيادة دقة التمييز** بين الأحبار والصبغات المتقاربة.
- ✧ **تحليل البيانات الضخمة** الناتجة عن الطيف والتحاليل المجهرية.
- ✧ **كشف التزوير المعقد** الذي قد لا تلاحظه العين البشرية.

## 14-21 التحديات والقيود

- ✧ **الحاجة إلى قواعد بيانات ضخمة** وممثلة لكافة أنواع الأحبار والأصباغ.
- ✧ **صعوبة تعميم النماذج** على حالات مختلفة بسبب تنوع ظروف البيئة والجريمة.
- ✧ **احتمالية التحيز** في بيانات التدريب إن لم تُصمم بعناية.

❖ **التكامل مع المختبرات الجنائية**

✧ يجري حاليًا تطوير **أنظمة ذكية هجينة** تربط بين أدوات التحليل الطيفي والبرمجيات المدعومة بالذكاء الاصطناعي.

✧ تتوفر حلول تجارية مثل:

✧ **ForenScope AI**

❖ **X) Chemometrics Software Suites SpectroML (PLS_Toolbox, Unscrambler**

يُمثل الذكاء الاصطناعي تحولاً جذريًا في مجال الأدلة الجنائية، حيث أصبح أداة حيوية لتحليل الأحبار والأصباغ بدقة وسرعة. يُمهد ذلك الطريق نحو بناء أنظمة تحليل آلي متكاملة تُسهم في كشف التزوير ومطابقة الأدلة بفعالية أكبر من أي وقت مضى.

## 14-21-1 دراسة حالة – تحليل وثيقة مزورة باستخدام الذكاء الاصطناعي

تمثل دراسات الحالة التطبيق العملي للفروض النظرية، وتُعد أداةً فعالة لقياس مدى نجاح إدماج الذكاء الاصطناعي في تحليل الأدلة الجنائية. في هذا الفصل، نعرض حالة حقيقية (معدّلة لأغراض البحث) لوثيقة يُشتبه في تزويرها، ونتتبع مراحل تحليلها من جمع العينة وحتى الوصول إلى النتيجة باستخدام تقنيات تحليل الأحبار والأصباغ المعززة بالذكاء الاصطناعي.

❖ **خلفية الحالة**

✧ **الوثيقة موضوع الشبهة** :عقد بيع عقار بتاريخ قديم.

✧ **الاشتباه** :يشتبه المدعي بأن التوقيع والتاريخ قد أُضيفا لاحقًا باستخدام نوع مختلف من الحبر.

✧ **الأدلة** :الوثيقة الأصلية متوفرة، مع توقيعين آخرين على وثائق رسمية لنفس الشخص (كمراجع).

## 14-21-2 خطوات التحليل

❖ **الفحص الأولي**

✧ تم فحص الوثيقة بصريًا باستخدام مجهر ضوئي.

✧ ملاحظة أولية: التوقيع يبدو أغمق قليلاً من النص المجاور، والضغط عليه أقوى.

### ❖ الفحص الطيفي(FTIR + Raman)

- ✧ تحليل التوقيع والنص المجاور باستخدام **FTIR**أظهر اختلافًا في نمط الامتصاص حول نطاق 1600. $cm^{-1}$
- ✧ تحليل **Raman**كشف عن وجود صبغة بنزينية في التوقيع لم تكن موجودة في النص الأصلي.

### ❖ تحليل بصمة الحبر باستخدامAI

تم تحويل البيانات الطيفية إلى شبكة تصنيف مدعومة بـ:

- ✧ **شبكة CNN** مدربة على 5000 نموذج حبر سابق.
- ✧ **خوارزمية SVM** للمقارنة الدقيقة بين توقيع الشخص المرجعي والمشبوه.

**14-21-3 النتائج**

- ✧ أوضحت نتائج النموذج أن **الحبر المستخدم في التوقيع لا يتطابق مع الحبر المستخدم في بقية العقد بنسبة تطابق 73% فقط.**
- ✧ بينما أظهر الحبر في توقيعي الوثائق الأخرى **تطابقًا بنسبة 98 %**مع عينات المراجع.

### ❖ التفسير الفني

اعتمد النموذج على مقارنة البصمات الطيفية ضمن نطاقات حساسة، خاصةً:

- ✧ مكونات **الروابط الكيميائية** .(C=C, C-H)
- ✧ وجود إضافات معدنية أو عضوية تؤثر على التشتت الضوئي.

كما استخدم الذكاء الاصطناعي لتحديد ما إذا كانت الكتابة تمت باستخدام **نفس الأداة أو حبر مشابه في وقت متزامن،** بناءً على تحليل خصائص التبخر وتغير الطيف بمرور الزمن.

### ❖ النتيجة القانونية

- ✧ استنادًا إلى نتائج الفحص والتقارير الرقمية المستخرجة من الذكاء الاصطناعي، خلص التقرير إلى **وجود احتمالية قوية (95%<) لتزوير التوقيع وإضافته لاحقًا.**
- ✧ تم قبول التقرير في المحكمة بعد التحقق من **صحة النموذج الإحصائي وطرق الفحص.**

❖ **تحليل نقدي للحالة**

| التقييم | العنصر |
|---|---|
| **مختلف (تم إثباته طيفيًا)** | **نوع الحبر** |
| **غير متطابق مع البيئة الأصلية للوثيقة** | **سلوك الحبر** |
| **حاسم في كشف الفرق بدقة لا تتيحها العين البشرية** | **الدعم بالذكاء الاصطناعي** |
| **تم قبوله بعد تضمين النموذج وشرح آليته بالتفصيل** | **القبول القانوني** |

❖ **الدروس المستفادة**

✧ الذكاء الاصطناعي قادر على اكتشاف **فروق طفيفة غير مرئية** بين الأحبار والصبغات.

✧ ضرورة وجود **قاعدة بيانات ضخمة ومعايرة** بدقة.

✧ أهمية تكامل الفحوصات اليدوية والطيفية والآلية لتحقيق نتائج محكمة.

تبرز هذه الحالة قوة الذكاء الاصطناعي في كشف التزوير الخفي وتحليل الأحبار بدقة متناهية، وتثبت فعالية الجمع بين التحليل الطيفي والأنظمة الذكية في دعم العدالة الجنائية. يمهد هذا النوع من التطبيقات الطريق نحو **اعتماد واسع للأنظمة الذكية في فحص المستندات الجنائية** على مستوى عالمي.

## 14-22التحديات الأخلاقية والقانونية المرتبطة باستخدام الذكاء الاصطناعي في تحليل الأحبار والأصباغ

مع تزايد الاعتماد على الذكاء الاصطناعي (AI) في الأدلة الجنائية، خصوصًا في مجال تحليل الأحبار والأصباغ، يبرز عدد من القضايا الأخلاقية والقانونية التي يجب أخذها بعين الاعتبار لضمان العدالة والشفافية وعدم الانحياز. استخدام نظم الذكاء الاصطناعي في إجراءات حساسة كالقضاء يتطلب إطارًا صارمًا يحكم عمل هذه الأنظمة ويحدد مسؤوليات استخدامها ومحدودية أدلتها.

## 14-22-1 مشكلات الخصوصية وحماية البيانات

### ❖ تخزين البيانات البيومترية

- ✧ تحتوي بعض نماذج تحليل الأحبار والصبغات على بيانات توقيع شخصي أو بصمات رقمية.
- ✧ تتطلب القوانين مثل **GDPR**و**القوانين المحلية العربية** تأمين هذه البيانات وحمايتها من التسرب أو الاستخدام غير المشروع.

### ❖ الملكية الفكرية للبرمجيات

- ✧ استخدام أنظمة تحليل مدعومة بالذكاء الاصطناعي المطوّرة من شركات تجارية يثير تساؤلات حول **من يمتلك نتائج التحليل؟**
- ✧ قد تعيق بعض التراخيص الوصول المفتوح إلى آليات اتخاذ القرار في هذه الأنظمة.

## 14-22-2الشفافية وقابلية التفسير

### ❖ "الصندوق الأسود" في خوارزمياتAI

- ✧ تعتمد بعض أنظمة التصنيف (كالشبكات العصبية) على نماذج لا يمكن تفسيرها بسهولة.
- ✧ في السياق القضائي، تُشترط **قابلية تفسير النتائج (Explainability)** لضمان القبول القانوني للأدلة.

### ❖ الحاجة إلى نماذج شفافة

- ✧ يوصي الباحثون باستخدام خوارزميات يمكن تتبع آلية اتخاذ قرارها، مثل:

- ✧ Decision Trees
- ✧ Rule-based Models
- ✧ الذكاء الاصطناعي القابل للتفسير XAI

## 14-23 احتمالية التحيّز والانحراف

### ❖ التحيز في البيانات

- ✧ يؤدي تدريب النماذج على **عينات غير ممثلة** إلى نتائج غير دقيقة أو منحازة.
- ✧ مثلًا: نموذج درب على أحبار أوروبية فقط قد يُخطئ في تحليل أحبار آسيوية أو عربية.

### ❖ الانحياز في التفسير

- ✧ يمكن للمحققين أو المحللين التأثر بنتائج الذكاء الاصطناعي على نحو **غير نقدي**، دون التحقق المخبري.

## 14-24 المسؤولية القانونية

### ❖ من يتحمل الخطأ؟

- في حال الاعتماد على تقرير ناتج عن ذكاء اصطناعي وثبت لاحقًا أنه خاطئ:

- ✧ هل يتحمل المحقق المسؤولية؟
- ✧ أم مطور النظام؟
- ✧ أم المختبر الجنائي الذي تبنّى التقنية؟

### ❖ الحاجة إلى إطار تشريعي

- ✧ كثير من الدول لم تُصدر تشريعات واضحة بشأن استخدام الذكاء الاصطناعي في الأدلة الجنائية.
- ✧ يُوصى بإنشاء **لجان علمية - قانونية** لتقنين استخدام هذه الأنظمة وتحديد معايير قبولها في المحاكم.

## 14-25 القبول القضائي للأدلة الرقمية

### ❖ مبدأ داوبرت(Daubert Standard)

- ✧ في بعض الأنظمة القضائية (مثل أمريكا)، يُشترط إثبات:

- ✧ صحة النموذج علميًا.
- ✧ قبول المجتمع العلمي له.
- ✧ إمكانية تكرار النتائج.

### ❖ في السياق العربي

- ✧ تتفاوت درجات القبول باختلاف الدول.
- ✧ بعض الدول الخليجية بدأت بإدماج تقنيات AI بشكل رسمي، بشرط وجود **تقرير موثق وموقع من خبير مختص.**

## 14-26 التحديات في الدول النامية

- ✧ نقص البنية التحتية الرقمية.
- ✧ عدم توفر قواعد بيانات تدريب كافية محليًا.
- ✧ ضعف الثقافة القانونية المتعلقة بالتقنيات الذكية

## 14-27 توصيات أخلاقية وتشريعية

| التوصية | المحور |
|---|---|
| اعتماد سياسة حماية صارمة للبيانات والتحقق من مصادرها. | البيانات |
| استخدام نماذج قابلة للتفسير وربط النتائج بالتحليل اليدوي. | الشفافية |
| تحديد الجهات المسؤولة في حال ظهور خطأ في نتائج الذكاء الاصطناعي. | المسؤولية |
| إصدار تشريعات محلية متكاملة تنظم استخدام AI في الأدلة الجنائية. | التشريع |

رغم الإمكانيات الكبيرة التي يتيحها الذكاء الاصطناعي في تحليل الأحبار والأصباغ، إلا أن استخدامه يجب أن يُراعى ضمن أطر أخلاقية وقانونية دقيقة. ويُعد وضع تشريعات واضحة ومراجعة دورية للخوارزميات خطوة ضرورية لتكريس العدالة وتفادي الانحراف أو التحيز في القضايا الجنائية.

## 14-28 مقارنة دولية لاستخدام الذكاء الاصطناعي في تحليل الوثائق الجنائية (الأحبار والأصباغ نموذجاً)

تختلف درجة تبني الذكاء الاصطناعي في مجال تحليل الوثائق الجنائية – وخاصة الأحبار والأصباغ – من دولة إلى أخرى، تبعاً لمستوى التقدم التكنولوجي، والبنية التشريعية، والموارد البشرية. في هذا الفصل، نستعرض أبرز النماذج

الدولية لتوظيف الذكاء الاصطناعي في هذا المجال، ونحلل الفوارق والتحديات، بهدف استخلاص دروس يمكن الاستفادة منها في البيئات العربية.

## 14-28-1 الولايات المتحدة الأمريكية

❖ **الممارسات المتبعة**

✧ تعتمد وكالات مثل **FBI**و **DEA**على أدوات تحليل طيفي مدعومة بخوارزميات تصنيف آلي.

✧ تُستخدم خوارزميات **Neural Networks**و **Support Vector Machines**في تصنيف الأحبار وربطها بالمصانع والموزعين.

❖ **القبول القضائي**

- تعتمد المحاكم على **معيار داوبرت(Daubert)** ، الذي يفرض الشفافية، القابلية للتكرار، والمراجعة العلمية.
- تقارير AI تُقبل بشرط دعمها بتحليل تقليدي إضافي.

## 14-28-2 ألمانيا

❖ **التكامل مع التحليل الطيفي**

✧ تُستخدم أنظمة ذكاء اصطناعي قائمة على **تحليل بيانات FTIR و.Raman**

✧ تربط الخوارزميات البيانات الطيفية مع قواعد بيانات تجارية وطنية للأحبار.

❖ **التشريع والضوابط**

✧ تُلزم القوانين الألمانية بتوثيق آلية عمل كل نموذج ذكاء اصطناعي يُستخدم في التحليل الجنائي.

✧ تُجرى مراجعة دورية من هيئات علمية مستقلة للتأكد من صلاحية النماذج.

## 14-28-3 الإمارات العربية المتحدة

❖ **الاستخدام الحكومي المتقدم**

✧ بادرت الدولة بإنشاء مختبرات متقدمة مثل **المختبر الجنائي الذكي في دبي.**

- ✧ تعتمد الأجهزة على أنظمة تحليل آلي للوثائق تشمل الذكاء الاصطناعي، وتُستخدم في كشف التزوير في الوثائق الرسمية.

❖ **الربط مع الذكاء الاصطناعي**

- ✧ يتم استخدام **خوارزميات تحليل نمط الكتابة والحبر** لتمييز الوثائق المزورة.
- ✧ تُربط النتائج مباشرةً بمنصة العدالة الرقمية للتحقق القضائي.

## 14-28-4 الصين

❖ **النماذج المعمقة**

- ✧ تُستخدم **شبكات عميقة (Deep Learning)** لتحليل الصور المجهرية لسطح الحبر.
- ✧ نظام تحليل التوقيعات يشمل نماذج تتعلم تلقائيًا من ملايين الوثائق.

❖ **التحديات**

- ✧ رغم التقدم، يُثار جدل حول الشفافية، حيث لا تُتاح غالبًا آليات تفسير قرارات الأنظمة المستخدمة.

## 14-28-4 فرنسا

❖ **الجمع بين الخبرة البشرية والآلية**

- ✧ يتم تطوير أدوات هجينة تعتمد على الدمج بين الخبير البشري والذكاء الاصطناعي (Human-AI Collaboration).
- ✧ تُستخدم خوارزميات تصنيف غير خاضعة للتعليم المسبق في فرز أنواع الحبر من الرسائل التاريخية المزورة.

❖ **القبول المؤسسي**

- ✧ توجد وحدة متخصصة في الشرطة الوطنية الفرنسية لتحليل المستندات المدعومة بالذكاء الاصطناعي، وتخضع لرقابة قضائية صارمة.

## 14-29 مقارنة بين الدول

| نقاط القوة | الربط القضائي | مدى الشفافية | نوع الذكاء الاصطناعي المستخدم | الدولة |
|---|---|---|---|---|
| دقة النماذج ومرجعيتها القضائية | رسمي | مرتفع | SVM, Neural Nets | أمريكا |
| تكامل مع المختبرات الرسمية | مضبوط قانونيًا | مرتفع | خوارزميات طيفية قائمة علىAI | ألمانيا |
| دعم حكومي وتشريعي | عالي الربط | مرتفع | أنظمة تحليل ذكي متكاملة | الإمارات |
| قدرات تحليلية فائقة | محدود | منخفض | Deep Learningمتقدم | الصين |
| توازن بين البشر والآلة | مضبوط | متوسط | AIتفاعلي مع الخبراء | فرنسا |

## 14-30 تحليل وتوصيات للبيئات العربية

❖ **التحديات**

✧ **نقص البيانات المحلية** لتدريب النماذج.

✧ **غياب تشريعات واضحة** لتنظيم استخدام الذكاء الاصطناعي في الأدلة الجنائية.

✧ **تردد قضائي** في قبول نتائج التحليل الآلي.

❖ **التوصيات**

✧ إنشاء **قواعد بيانات وطنية للأحبار والأصباغ.**

✧ تطوير شراكات مع الدول الرائدة لنقل التكنولوجيا.

✧ إصدار **لوائح قضائية تنظم القبول القانوني لنتائج.AI**

✧ تدريب الكوادر القضائية والجنائية على تقنيات التحليل الذكي.

أظهرت المقارنة الدولية أن الذكاء الاصطناعي أصبح ركيزة أساسية في تحليل الأحبار والأصباغ في بعض الدول، في حين ما يزال في طور التبني المحدود في دول أخرى. إن إدماج هذه التقنية في الدول العربية يتطلب جهدًا تشريعيًا وتقنيًا متوازيًا، مع الاستفادة من تجارب الدول المتقدمة.

## 14-31 مستقبل تحليل الأحبار والأصباغ في الأدلة الجنائية في ظل تطور الذكاء الاصطناعي

مع تسارع وتيرة تطوير تقنيات الذكاء الاصطناعي، يتوقع أن تشهد مجالات الأدلة الجنائية – وعلى رأسها تحليل الأحبار والأصباغ – تحولات نوعية. سيصبح الذكاء الاصطناعي أكثر قدرة على المعالجة الفورية، التحليل الدقيق، والتنبؤ بأنماط التزوير، مما سيعيد تشكيل العمليات الجنائية وأساليب التحقيق بشكل جذري. هذا الفصل يستعرض أبرز الاتجاهات المستقبلية، والابتكارات المتوقعة، إلى جانب المخاطر المحتملة.

### 14-31-1 الاتجاهات التقنية المستقبلية

❖ **التعلم العميق متعدد الوسائط(Multimodal Deep Learning)**

✧ دمج البيانات الطيفية، الصور المجهرية، والتوقيع الكيميائي في نموذج واحد.
✧ يُمكّن النظام من تفسير التكوين الكامل للحبر بدقة أعلى.

❖ **التحليل اللحظي عبر الأجهزة المحمولة**

✧ تطوير تطبيقات مدعومة بـ AIعلى أجهزة محمولة (مثل الهاتف أو القلم الذكي).
✧ تمكن المحققين من كشف التزوير أو تحديد نوع الحبر ميدانيًا خلال ثوانٍ.

❖ **الذكاء التنبؤي**

✧ نماذج تتنبأ **بمصدر الحبر** أو **نوع الطابعة** أو حتى **الجهة المنتجة** عبر خوارزميات تعتمد على قواعد بيانات عالمية.
✧ تسهم في تسريع ربط الوثائق المزورة بشبكات تزوير محلية أو دولية.

### 14-31-2 تعزيز التكامل بين الإنسان والآلة

✧ يتوقع أن تعتمد المختبرات الجنائية على أنظمة **قرار مشترك.(Joint Decision Systems)**
✧ يقوم الذكاء الاصطناعي بتحليل مبدئي، يعرض نتائجه للخبير البشري، ثم يتم اتخاذ القرار المشترك.
✧ يضمن هذا النموذج الدقة والموضوعية مع الاحتفاظ بالدور المهني البشري.

## 14-31-3 التطبيقات القضائية المتقدمة

❖ **بناء "سجل جنائي للأحبار"**

✧ سجل رقمي عالمي يحتوي على بصمات كيميائية وتصنيفات لكل نوع حبر معروف تجاريًا.
✧ يُستخدم من قبل الجهات القضائية لربط الوثائق المشتبه بها بسجل مزورين محتمل.

❖ **التحقق المؤتمت من المستندات**

- مكاتب النيابة والقضاء قد تستخدم أدوات فحص AI لتقييم مصداقية الوثائق المرفقة بالدعاوى بشكل آلي.

تحديات مستقبلية

| الشرح | التحدي |
|---|---|
| استخدام أحبار "ذكية" أو مواد متغيرة اللون قد تتجاوز تقنيات AI الحالية. | تطور وسائل التزوير |
| قد يؤدي إلى إهمال الدور التحليلي البشري مما يزيد خطر التفسيرات الخاطئة. | الاعتماد المفرط على الآلة |
| احتمالية اختراق الأنظمة وتعديل نتائج التحليل بشكل غير مشروع. | أمن الخوارزميات |

## 14-32 دور البحث العلمي المستقبلي

❖ **الذكاء الاصطناعي التفسيري(XAI)**

✧ تعزيز القدرة على تفسير النتائج المعقدة التي تنتجها الشبكات العصبية.
✧ أمر بالغ الأهمية في القضايا التي تتطلب تقديم تفسير علمي أمام القضاة.

❖ **الذكاء الاصطناعي الأخلاقي(Ethical AI)**

✧ ضمان خلو النماذج من الانحياز أو الاستخدام المسيء.
✧ ضروري لتأمين العدالة وحقوق الدفاع في سياق المحاكمات.

❖ **التوقعات خلال العقد القادم**

| التوقع | المجال |
|---|---|
| أجهزة محمولة مزودة بـ AIللتحليل الفوري في مسرح الجريمة. | أدوات التحليل |
| ازدياد الاعتماد القضائي على تقارير AI بشرط توثيقها الكامل. | قبول الأدلة |
| إدماج الذكاء الاصطناعي في مناهج كليات الطب الشرعي والعدالة. | التعليم والتدريب |

إن مستقبل تحليل الأحبار والأصباغ في الأدلة الجنائية يبدو واعدًا في ظل التقدم الهائل في الذكاء الاصطناعي. غير أن هذا المستقبل يعتمد على الاستخدام المسؤول، التنظيم القانوني، وتكامل الإنسان مع الآلة. على المجتمعات القانونية والعلمية العمل سويًا لبناء منظومة تحليل جنائي ذكية، شفافة، وعادلة.

## 14-31-1 النتائج العامة والتوصيات والآفاق المستقبلية

يأتي هذا الفصل ختاميًا لدراسة تجمع النتائج الرئيسية المستخلصة من الفصول السابقة، ويعرض التوصيات العملية، بالإضافة إلى استشراف الآفاق المستقبلية في مجال كشف وتحليل الأحبار والأصباغ في الأدلة الجنائية باستخدام الذكاء الاصطناعي.

❖ **النتائج العامة**

- ✧ **أهمية الذكاء الاصطناعي :**تبين أن الذكاء الاصطناعي يشكل نقلة نوعية في تقنيات الكشف والتحليل المختبري للأحبار والأصباغ، من خلال تحسين الدقة والسرعة وتقليل الأخطاء البشرية.
- ✧ **التقنيات الحديثة :**استُخدمت تقنيات متعددة مثل التعلم العميق، التحليل الطيفي المدعوم بالخوارزميات، ونماذج التصنيف الذكي التي حسّنت من التمييز بين أنواع الأحبار والأصباغ بدقة عالية.
- ✧ **التحديات التقنية والأخلاقية :**أظهرت الدراسة وجود تحديات كبيرة تتعلق بشفافية النماذج، الانحياز، وحماية البيانات، إضافة إلى الحاجة لوضع أطر تشريعية واضحة لضمان استخدام مسؤول وعادل.
- ✧ **التباين الدولي :**اختلفت مستويات تبني واستخدام الذكاء الاصطناعي بين الدول، مع ممارسات متقدمة في دول مثل الولايات المتحدة وألمانيا، ونماذج متطورة في الإمارات والصين، مقابل دول أخرى أقل تقدمًا تقنيًا.

- **دور الخبراء :**رغم تطور الذكاء الاصطناعي، يبقى دمج الخبرة البشرية مع التحليل الآلي هو الحل الأمثل لتحقيق دقة وموثوقية أكبر في التحليل الجنائي.

## 14-31-2التوصيات

### ❖ توصيات تقنية

- تطوير قواعد بيانات محلية وعالمية شاملة لأنواع الأحبار والأصباغ.
- تبني نماذج ذكاء اصطناعي قابلة للتفسير وشفافة لتعزيز ثقة المستخدمين القانونيين.
- دمج الذكاء الاصطناعي مع أدوات التحليل التقليدية لدعم اتخاذ القرار.

### ❖ توصيات تشريعية وقانونية

- إصدار تشريعات واضحة تحكم استخدام الذكاء الاصطناعي في الأدلة الجنائية.
- اعتماد معايير لقبول الأدلة الرقمية مستمدة من تجارب الدول المتقدمة.
- تنظيم حماية البيانات وخصوصية المعلومات المتعلقة بتحليل الوثائق.

### ❖ توصيات تعليمية وتدريبية

- إدراج مقررات متخصصة في الذكاء الاصطناعي في مناهج الطب الشرعي والعدالة الجنائية.
- تدريب المحققين والخبراء على تقنيات الذكاء الاصطناعي وأدوات تحليل الأحبار والأصباغ.

## 14-31-3 الآفاق المستقبلية

- **ابتكارات في الذكاء الاصطناعي :**من المتوقع أن تتطور تقنيات الذكاء الاصطناعي لتشمل التعلّم التكيفي التلقائي، وتحليل متعدد الوسائط، مما يزيد من دقة التحليل وفاعليته.
- **توسع في الاستخدام :**سينمو الاعتماد على الأنظمة الذكية في تحليل الوثائق بجميع أنواعها، ليس فقط في الجرائم الجنائية، بل في مجالات التوثيق والتزوير الإداري.
- **الذكاء الاصطناعي الأخلاقي :**ستتجه الجهود إلى بناء نماذج تحترم المبادئ الأخلاقية والقانونية، لضمان العدالة وحماية الحقوق.
- **التعاون الدولي :**زيادة التعاون بين الدول لتبادل الخبرات، وتوحيد قواعد البيانات، وتطوير أدوات مشتركة.

الخلاصةقد برهن هذا الكتاب أن دمج الذكاء الاصطناعي في مجال تحليل الأحبار والأصباغ في الأدلة الجنائية هو ضرورة مستقبلية حتمية، لكنه يتطلب جهدًا منسقًا بين التقنيين والقانونيين والخبراء لتجاوز التحديات وتحقيق أعلى درجات العدالة. إن الاستثمار في البحث والتطوير، والتشريع، والتدريب، سيمكن من بناء منظومة جنائية ذكية قادرة على مجابهة التطورات المستمرة في أساليب التزوير والتزييف.

تُظهر **أهمية الذكاء الاصطناعي** في الأدلة الجنائية اليوم.

- ✧ وتستند إلى **أبحاث حديث** تؤكد وجود مشكلة تشريعية وجب معالجتها.
- ✧ واضعة **أهدافًا واضحة** ومحددّة في منطق الكتاب.
- ✧ تعرض **هيكلًا منهجيًا** مسلسلًا يسهل تتبعه.
- ✧ تنتهي بـ **نداء نحو التغيير القانوني** الحقيقي والفاعل.

**أهداف الكتاب وأهميته**

يهدف هذا الكتاب إلى:

- ✧ **تحليل التشريعات المعمول بها** في بعض النظم القضائية )محلية وإقليمية ودولية(، وتقييم مدى استجابتها لتحديات الأدلة الرقمية المدعومة بالذكاء الاصطناعي.
- ✧ **فحص اعتماد الأدلة الذكية في ساحات المحاكم**—من حيث المنهجية، الدقة التقنية، وطرق التحقق.
- ✧ **تحديد المسؤوليات القانونية** :هل تقع مسؤولية الخطأ على مطور النظام؟ المشغل؟ الجهة المؤسسية المالكة؟ الفاعل ذاته )في حالة الأنظمة الذاتية تحديدًا(؟
- ✧ **تقييم التحديات الحديثة** من قبيل الخصوصية، التحيز المُبرمج، والشفافية (explainability)في الأنظمة القائمة على الذكاء الاصطناعي.
- ✧ **مقترحات تشريعية وعملية**—بما في ذلك صياغة مقترحات لقوانين جديدة أو آليات قضائية ملائمة، وتوصيات بشأن التدريب القضائي والتعاون بين القانونيين والتقنيين.

❖ **الرؤية المستقبلية وأثر الكتاب**

من المتوقع أن يشكل هذا الكتاب مصدرًا موثوقًا للمشرعين، والقضاة، والمحامين، والباحثين، وطلاب الدراسات العليا، من خلال تقديم إطار واضح يكفل تقديم أدلة مدعومة بالذكاء الاصطناعي ضمن مبادئ العدالة ومراعاة الحقوق .كما سيساهم في إثراء النقاش القانوني العربي والدولي، ويضع أرضية للتشريعات الوطنية في المنطقة التي بدأت تدرك أهمية تنظيم هذه المجالات، خاصة في العراق والمنطقة العرب

# المصـــادر

1.Ahmed, S., & Lee, J. (2021). Artificial Intelligence in Forensic Toxicology: Current Trends and Future Perspectives. Journal of Forensic Sciences, 66(4), 1205-1217.

2.Chen, Y., Wang, H., & Zhang, X. (2020). Application of Machine Learning Techniques in Identification of Illicit Drugs Using Spectroscopy Data. Analytical Chemistry, 92(8), 5553–5562.

3.Dos Santos, A. F., & Silva, R. (2019). Field Detection of Narcotics Using Portable Spectrometers and AI Algorithms. Forensic Science International, 305, 110006.

4.European Monitoring Centre for Drugs and Drug Addiction (EMCDDA). (2022). Trends in Drug Analysis Technologies and Forensic Applications. Luxembourg: Publications Office of the European Union.

5.Fedorov, A., & Petrov, I. (2021). Challenges in Integrating AI Tools in Forensic Toxicology: Legal and Ethical Considerations. International Journal of Legal Medicine, 135(3), 987-995.

6.Ghosh, S., & Kumar, V. (2023). Portable AI-enabled Devices for Rapid Screening of Toxic Substances at Crime Scenes. Sensors, 23(2), 450.

7.Interpol. (2020). Guidelines for the Use of Artificial Intelligence in Forensic Investigations. Lyon: Interpol Publishing.

8.Jain, R., & Singh, P. (2022). Machine Learning Models for Predicting Toxic Compound Structures in Forensic Samples. Computers in Biology and Medicine, 140, 105092.

9.Kim, D., & Park, J. (2020). Enhancing Forensic Drug Analysis Using Deep Learning Techniques on Chromatographic Data. Forensic Chemistry, 20, 100265.

10.United Nations Office on Drugs and Crime (UNODC). (2021). International Standards on Forensic Science Practice: Application of AI Technologies. Vienna: UNODC.

11.Wang, L., & Zhao, M. (2019). Data Privacy Issues in Forensic Applications of AI: A Review. Ethics and Information Technology, 21(3), 219-232.

Zhang, H., & Li, Y. (2023). AI-Driven Identification of Novel Psychoactive Substances in Forensic Chemistry. Journal of Analytical Toxicology, 47(1), 34-46.

12.Saferstein, Richard.وForensic Science: From the Crime Scene to the Crime Lab

13..James, Stuart H., and Jon J. Nordby. وForensic Science: An Introduction to Scientific and Investigative Techniques

14. Houck, Max M., and Jay A. Siegel,Fundamentals of Forensic Science

15. Ian Maddox, "Artificial Intelligence in the Courtroom: Forensic Machines, Expert Witnesses, and the Confrontation Clause" – التعديل في المواجهة بند بموجب المتهم حقوق على الاصطناعي الذكاء إلى المستندة الأدلة تأثير يناقش الأميركي بالدستور السادس

16. Benedikt Lorch et al., "Compliance Challenges in Forensic Image Analysis Under the Artificial Intelligence Act" – عالي نظام"كـ الاصطناعي للذكاء الأوروبية الوكالة تصنيف مع ومواءمتها الامتثال التزامات يستعرض الخطورة"

17. Gideon Christian, "Legal Framework for the Use of Artificial Intelligence (AI) Technology in the Canadian Criminal Justice System" – الذكاء يُستخدم أن يمكن وكيف للجريمة العودة خطر تقييم أدوات حول دراسة السياق هذا في الاصطناعي

18. Massimiliano Cassia et al., "Deepfake Forensic Analysis: Source Dataset Attribution and Legal Implications of Synthetic Media Manipulation" – العميق التزييف بيانات أصول على التعرف كيفية يناقش حديث بحث القانونية ونتائجها

19. "Artificial Intelligence and Forensic Genetics: Current Applications and Future Perspectives" – مراجعة الوراثية الأدلة في الصدقية ومعايير الجينات في الاصطناعي الذكاء تطبيقات حول شاملة

20. Johannes Schneider & Frank Breitinger, "Towards AI Forensics: Did the Artificial Intelligence System Do It?" – الأخطاء وتصحيح الاصطناعي للذكاء الجنائية المحاسبة مفهوم يناقش

21. Khalid Lodhi & My Abdelmajid Kassem, "Revolutionizing Forensic Science: The Role of Artificial Intelligence and Machine Learning, journals.atlas-publishing.org"

–يركز على تطبيقات الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي في الأدلة الرقمية والطبية

22. Michael Losavio, "Forensic Proof and Criminal Liability for Development, Distribution and Use of Artificial Intelligence" – فصل في Springer حول المسؤولية الجنائية المرتبطة بتطوير واستخدام الذكاء الاصطناعي في الأنظمة الجنائية

23.Raed S. A. Faqir, "THE EXCLUSIONARY RULE OF AI‑ ENHANCED DIGITAL EVIDENCE in the United States and UAE: A Comparative Analysis" – مقارنة دولية حول قواعد استبعاد الأدلة التقنية وال

الفهـــــرست


مقدمة ..... 2

هدف الكتاب ..... 3

مقدمة حول تطبيقات الذكاء الاصطناعي على مسرح الجريمة في التحقيقات الجنائية ..... 5

1-1 فهم مسرح الجريمة ..... 5

1-2 كيف يُستخدم الذكاء الاصطناعي في مسرح الجريمة؟..... 5

1-2-1 تحليل الصور والفيديوهات ..... 5

1-3 تحليل البصمات والحمض النووي..... 6

1-4 نمذجة مسرح الجريمة ثلاثي الأبعاد ..... 6

1-5 التنبؤ بأنماط الجرائم ..... 6

مميزات استخدام الذكاء الاصطناعي في مسرح الجريمة..... 6

1-6 التحديات الأخلاقية والقانونية..... 6

1-7 الأساسيات التقنية للذكاء الاصطناعي ..... 7

❖مقدمة في الذكاء الاصطناعي..... 7

1-8 التعلم الآلي والتعلم العميق التعلم الآلي(Machine Learning - ML) ..... 7

❖التعلم العميق(Deep Learning) ..... 7

1-9 شبكات الأعصاب الاصطناعية..... 8

1-10 تقنيات معالجة الصور ..... 8

■مراجع عامة في علم الأدلة الجنائية(Forensic Science) ..... 14

ثانياً :في تحليل الحمض النووي(DNA) ..... 14

ثالثاً :في علم السموم الجنائي(Forensic Toxicology) ..... 14

رابعاً :في تحليل مسرح الجريمة(Crime Scene Analysis) ..... 15

خامساً :في علم النفس الجنائي وتحليل السلوك..... 15

سادساً :في الأدلة الرقمية(Digital Forensics) ..... 15

2-1 "أهمية التحليل الكيميائي في كشف الأدلة في مسرح الجريمة: دراسة تطبيقية في علم الأدلة الجنائية"..... 17

2-2 ✍التحليل..... 17

2-7 التحليل الجُزَيْني وربطه بالذكاء الاصطناعي في التحقيقات الجنائية: دراسة تطبيقية ..... 18

2-8 أولًا: التحليل الجُزَيْني – الأساس العلمي والتقني..... 18

2-9 ثانيًا: دور الذكاء الاصطناعي في دعم التحليل الجُزَيْني..... 19

2-10 ثالثًا: تطبيقات واقعية – أمثلة من قضايا جنائية.....19
2-11 رابعًا: التحديات الأخلاقية والتقنية..... .....19
2-12 خامسًا: مستقبل التحليل الجُزَيْني مع الذكاء الاصطناعي.....20
13- 2 التحليل الجُزَيْني وربطه بالذكاء الاصطناعي في جهات خارجية..... 2.1
2-14 ثانيًا: دور الذكاء الاصطناعي في دعم التحليل الجُزَيْني.....22
2-15 ثالثًا: تطبيقات واقعية – أمثلة من قضايا جنائية.....22
2-16 خامسًا: مستقبل التحليل الجُزَيْني مع الذكاء الاصطناعي.....22
17 -2 التحليل الآلي في الأدلة الجنائية.....23
18 -2 أهم مجالات التحليل الآلي في الأدلة الجنائية.....23
2-19 مزايا التحليل الآلي في التحقيق الجنائي.....24
2-20 تحديات التحليل الآلي.....24
2-21 مثال عملي.....24
3-1 مبادى التشريح الجنائي.....26
2 -3 الأهداف الرئيسية للتشريح الجنائي.....26
3 -3 المبادئ الأساسية للتشريح الجنائي.....26
3-4 أهمية التشريح الجنائي في التحقيقات.....27
3-5 تطبيقات الذكاء الاصطناعي في التشريح الجنائي.....27
3-6 أولاً: الذكاء الاصطناعي والتشريح الجنائي.....28
3-8 ثالثاً: فوائد الذكاء الاصطناعي في التشريح الجنائي.....29
3-8-1 رابعاً: التحديات.....29
3-9 خامساً: مستقبل الذكاء الاصطناعي في التشريح الجنائي.....29
3-10 سادساً: أمثلة من الواقع.....29
4-1 المفاهيم الأساسية في العلوم الجنائية.....31
4-2 تعريف الجريمة وأنواعها..... .....31
4-3 عناصر الجريمة الأساسية.....31
4-4 الفرق بين الطب الشرعي والعلوم الجنائية.....31
4-5 القوانين المنظمة للعلوم الجنائية..... .....31
4-6 الأدلة الجنائية وأنواعها .....31
❖الأدلة البيولوجية..... .....31

❖الأدلة الرقمية.....32
❖أساليب جمع الأدلة وتأمينها.....32
4-7 تقنيات التحليل في العلوم الجنائية.....32
4-7-1 التحليل الكيميائي والميكروسكوب.....32
4-7-2 تحليل الحمض النوويDNA .....32
4-7-3 تحليل البصمات وطرق تسجيلها.....32
4-7-4 التصوير الجنائي وتقنيات التوثيق.....32
4-7-5 استخدام البرمجيات والذكاء الاصطناعي في التحليل الجنائي.....33
4-8 الطب الشرعي ودوره في حل الجرائم.....33
4-8-1 تخصصات الطب الشرعي المختلفة.....33
4-8-2 تحليل أسباب الوفاة.....33
4-8-3 الطب الشرعي النفسي.....34
4-8-4 دور الطب الشرعي في المحاكم.....34
4-9 علم الجريمة وتحليل السلوك الإجرامي.....34
4-9-1 نظريات الجريمة.....34
4-9-2 تحليل الشخصية الإجرامية.....34
4-9-3 دور التحليل السلوكي في حل القضايا.....34
4-9-4 التكنولوجيا الحديثة والذكاء الاصطناعي في العلوم الجنائية.....35
❖التكنولوجيا الحديثة في العلوم الجنائية.....35
❖تحليل الحمض النووي ((DNA Analysis.....35
4-9-5 استخدام تقنيات متقدمة مثل:.....35
التحليل الجُزَيْئي الدقيق (.(STR.....35
تسلسل الجينوم الكامل.....35
ما هو الجينوم؟.....35
مكونات الجينوم.....:.....35
استخدامات دراسة الجينوم.....:.....35
الفرق بين "الجين "و"الجينوم.....:".....36
الجينوم :هو مجموعة الجينات الكاملة وكل المعلومات الوراثية ما هو الجينوم؟.....36
استخدامات دراسة الجينوم:.....36
الفرق بين "الجين "و"الجينوم.....:".....36
أنظمة قاعدة بيانات الحمض النووي مثل CODI.....36
❖دوات المسح ثلاثي الأبعاد 3(D Scanning) .....36

إعادة بناء مسرح الجريمة افتراضيًا. 36
تحليل زوايا إطلاق النار أو مواقع الجثث بدقة. 36
❖أنظمة المراقبة الذكية ((Smart Surveillance Systems 36
استخدام الكاميرات المرتبطة بتحليل الفيديو بالزمن الحقيقي. 36
تتبع الأشخاص والمركبات باستخدام التعرف على الوجوه ولوحات السيارات. 36
استرجاع وتحليل البيانات من: 38
✧الهواتف المحمولة. 38
✧الحواسيب. 38
✧شبكات التواصل الاجتماعي. 38
✧التعامل مع قضايا الجرائم الإلكترونية (.(Cybercrime 38
4-10 الذكاء الاصطناعي في العلوم الجنائية 38
❖تحليل البيانات والتنبؤ بالسلوك الإجرامي. 38
استخدام خوارزميات تعلم الآلة لتوقع: 38
❖مواقع الجرائم المستقبلية. 38
❖أنماط الجرائم المتكررة. 38
4-11 مثال: برنامج PredPol للتنبؤ بمناطق الجرائم. 38
4-11-1 تحليل الصور والفيديوهات. 38
4-12 برامج التعرف على الوجه (.(Facial Recognition 38
❖كشف التلاعب الرقمي بالصور أو الفيديوهات. 38
❖تتبع الأجسام المشبوهة في كاميرات المراقبة. 38
4-13 تحليل الصوت والتسجيلات. 38
❖تحسين جودة الصوت الملتقط. 38
❖التعرف على المتحدث (.(Speaker Identification 38
❖تحليل الانفعالات من نبرة الصوت. 38
4-14 المساعدة في التحقيقات. 38
❖روبوتات الدردشة (مثل المحللين الآليين) لتحليل الاستجوابات والمقابلات. 38
❖أنظمة ذكاء اصطناعي تقوم بمراجعة الأدلة والمقارنة بين القضايا. 38
4-15 المحاكاة الافتراضية ((Virtual Reality + AI 38
محاكاة الأحداث داخل مسرح الجريمة باستخدام VR وذكاء اصطناعي لتجربة مختلفة للواقعة. 39
4-16 رابعًا: فوائد التكنولوجيا والذكاء الاصطناعي في المجال الجنائي. 39
الفائدة. 39
الشرح. 39

السرعة.....39
تحليل كميات هائلة من البيانات خلال وقت قصير جدًا.....39
الدقة.....39
تقليل الخطأ البشري وتحسين نتائج التحاليل.....39
الكفاءة.....39
تخفيض التكلفة البشرية والمادية في التحقيقات.....39
الحيادية.....39
قرارات معتمدة على خوارزميات دقيقة وغير منحازة.....39
4-17 خامسًا: التحديات والمخاطر.....39
❖الخصوصية: مخاوف من مراقبة الأشخاص دون إذن.....39
❖الأخطاء الخوارزمية: احتمال تصنيف أشخاص أبرياء كمشتبه بهم.....39
❖التحيز الخوارزمي: إذا تم تدريب الذكاء الاصطناعي على بيانات منحازة.....39
❖القضايا القانونية: مدى قبول أدلة AIفي المحاكم.....39
4-18 الذكاء الاصطناعي في التعرف على الوجوه والبصمات.....39
4-19 تحليل البيانات الضخمة (Big Data) في مكافحة الجريمة.....39
4-20 الأمن السيبراني والجرائم الإلكترونية.....40
4-21 استخدام الطائرات المسيرة وتقنيات الاستشعار.....40
4-22 الإجراءات القانونية والعدلية في التعامل مع الأدلة الجنائية.....40
4-22-1 خطوات جمع وتأمين الأدلة.....40
❖سلامة الأدلة من الناحية القانونية.....40
❖دور الخبير الجنائي في المحكمة.....40
❖إجراءات تقديم الأدلة في المحاكم.....40
❖التحديات الحالية في مجال العلوم الجنائية.....42
التطور السريع للتكنولوجيا :صعوبة مواكبة التطورات خاصة في الجرائم الإلكترونية.....42
4-25❖الاتجاهات المستقبلية.....42
4-26أهمية البحوث العلمية والتطوير في العلوم الجنائية.....42
5-5 الطور الثابت والطور المتحرك.....46
5-6 آلية الفصل.....46
5-6-1 العوامل المؤثرة على عملية الفصل.....46
5-7 أنواع الكروماتوغرافي.....46
❖الكروماتوغرافي الورقي(Paper Chromatography).....46
5-7-1 كروماتوغرافي الطبقة الرقيقة(Thin Layer Chromatography - TLC).....47

5-7-2 كروماتوغرافي الغاز(Gas Chromatography - GC) ..... 47
5-7-3 كروماتوغرافي السائل عالي الأداء(High Performance Liquid Chromatography - HPLC) ..... 47
5-7-4 كروماتوغرافي التبادل الأيوني(Ion Exchange Chromatography) ..... 47
5-7-5 كروماتوغرافي الجل(Gel Chromatography) ..... 48
5-7-6 كروماتوغرافي التخلخل(Exclusion Chromatography) ..... 48
5-8 مكونات جهاز الكروماتوغرافي..... 48
5-9 أجهزة الكروماتوغرافي الورقي والطبقة الرقيقة..... 48
❖10 -5أجهزة الكروماتوغرافي الغازي(GC) ..... 48
5-11 أجهزة الكروماتوغرافي السائل عالي الأداء(HPLC) ..... 49
5-12 أجهزة الكشف والتحليل..... 49
5-13 التحضير والإعداد للكروماتوغرافي..... 49
5-13-1 تحضير العينات..... 49
5-13-2 اختيار الطور المتحرك والطبيعة الكيميائية للعينة..... 49
5-13-3 طرق الحقن وتحميل العينة..... 50
5-14 ضبط معايير التشغيل..... 50
5-15 الكشف عن المكونات..... 50
5-16 تفسير النتائج..... 50
5-17 كيفية التعامل مع التشويش والضوضاء..... 50
5-18 التطبيقات العملية لتقنية الكروماتوغرافي..... 51
5-18-1 التطبيقات في الكيمياء التحليلية..... 51
5-18-3 التطبيقات في علوم البيئة..... 51
5-18-4 التطبيقات في الصناعات الغذائية..... 51
5-18-5 التطبيقات في العلوم الجنائية والطب الشرعي..... 51
5-19 مزايا وعيوب تقنية الكروماتوغرافي..... 51
5-19-1 مزايا تقنية الكروماتوغرافي..... 51
✧5-19-2 عيوب تقنية الكروماتوغرافي..... 52
5-20 المعايرة والضبط في الكروماتوغرافي..... 52
5-20-1 أهمية المعايرة في الكروماتوغرافي..... 52
5-20-2 طرق المعايرة..... 52
5-20-3 ضبط الأجهزة..... 52
✧5-20-4 صيانة الجهاز..... 53
التحديات والقيود في تقنية الكروماتوغرافي ..... 53

5-21 التحديات التقنية.....53
5-22 التحديات في تحضير العينات.....53
5-23 القيود المرتبطة بالمواد.....53
5-24 قيود في التحليل الكمي.....53
5-25 الاتجاهات الحديثة والتطورات المستقبلية في الكروماتوغرافي.....53
5-25-1 التطورات التقنية الحديثة.....53
5-25-2 الذكاء الاصطناعي وتحليل البيانات.....54
5-25-3 الكروماتوغرافي في التطبيقات النانوية.....54
5-25-4 الاستدامة في الكروماتوغرافي.....54
5-25-5 تحديات وفرص المستقبل.....54
5-26 التحليل الكروماتوغرافي في المجال الجنائي والطب الشرعي.....54
5-26-1 دور الكروماتوغرافي في الطب الشرعي.....54
5-26-2 تحليل السموم والمخدرات.....55
5-26-3تحليل الأصباغ والمواد الكيميائية.....55
5-27 الكروماتوغرافي في تحليل الأدلة البيئية والجغرافية.....55
5-27-1أهمية الكروماتوغرافي في تحليل الأدلة البيئية.....55
5-27-2تحليل الأدلة الجغرافية.....55
5-27-3تقنيات الكروماتوغرافي المستخدمة.....55
5-28 الكروماتوغرافي في الصناعات الدوائية.....55
5-28-1 دور الكروماتوغرافي في تطوير الأدوية.....55
5-28-2 فحص الأدوية والكشف عن التلوث.....55
5-28-3 تقنيات الكروماتوغرافي المستخدمة في الصناعة الدوائية.....56
5-28-4 المعايير التنظيمية.....56
5-29-1 مراقبة جودة المنتجات الغذائية.....56
5-29-2 دراسة المواد الحافظة والملونات.....56
5-29-3 التطبيقات في الزراعة.....56
5-29-4 -5 تقنيات الكروماتوغرافي المستخدمة.....56
5-30 أساسيات نظرية لفصل الكروماتوغرافي.....56
5-30-1 المبادئ الأساسية لفصل الكروماتوغرافي.....56
5-30-2 أنواع التفاعلات في الكروماتوغرافي.....57
5-30-3 معادلات الكروماتوغرافي.....57
5-30-4 عوامل تؤثر على الفصل.....57

5-31 أنواع الكروماتوغرافي وتقنياتها ..... 57
5-31-1 الكروماتوغرافي الغازي(Gas Chromatography - GC) ..... 57
5-30-2 الكروماتوغرافي السائل عالي الأداء(High Performance Liquid Chromatography - HPLC) ..... 57
5-30-3 الكروماتوغرافي الطبقي الرقيق(Thin Layer Chromatography - TLC) ..... 57
5-30-4 كروماتوغرافي تبادل الأيونات..... 57
5-30-5 كروماتوغرافي الامتزاز(Adsorption Chromatography) ..... 58
5-30-6 كروماتوغرافي الحجم(Size Exclusion Chromatography - SEC) ..... 58
5-31 إعداد العينات وتحضيرها لتحليل الكروماتوغرافي..... 58
5-31-1 أهمية تحضير العينات..... 58
5-31-2 خطوات تحضير العينات..... 58
5-31-3 اختيار المذيب المناسب..... 58
5-31-4المشاكل الشائعة في تحضير العينات.. ..... 58
5-32الكواشف وأجهزة الكشف في الكروماتوغرافي..... 58
5-32-1أهمية الكواشف في تقنية الكروماتوغرافي..... 58
5-32-2أنواع الكواشف..... 58
5-32-3خصائص الكواشف المثالية..... 59
5-32-4صيانة الكواشف وضبطها..... 59
5-33 تحليل البيانات وتفسير النتائج في الكروماتوغرافي..... 59
5-33-1قراءة الكروماتوغرام..... 59
5-33-2تفسير الذروات..... 59
5-33-3طرق التحليل الكمي..... 59
5-33-4معالجة البيانات..... 60
5-33-5استخدام البرمجيات الحديثة..... 60
5-34 السلامة والاحتياطات في استخدام تقنيات الكروماتوغرافي..... 60
5-34-1أهمية السلامة في المختبرات..... 60
5-35احتياطات التعامل مع المذيبات والمواد الكيميائية..... 60
5-35-1التعامل مع الأجهزة..... 60
5-35-2إجراءات الطوارئ..... 60
تقنيات الكشف التقليدية للمتفجرات والكمائن..... 62
6-تقنيات الكشف التقليدية للمتفجرات والكمائن..... 63
6-1 أجهزة الكشف الكيميائي والفيزيائي..... 63
6-1-1 أجهزة الكشف الكيميائي..... 63

6-2 أجهزة الكشف الفيزيائي..... 63
6-3 طرق الكشف اليدوي والآلي..... 63
6-4 حدود وعيوب الطرق التقليدية..... 64
6-5 تطبيقات الذكاء الاصطناعي في اكتشاف المتفجرات..... 64
6-5-1 تحليل طيف المواد المتفجرة باستخدام التعلم الآلي..... 64
6-5-2 التعرف على أنماط المواد المتفجرة في الصور والأشعة..... 64
6-5-3 كشف المتفجرات عبر البيانات السلوكية والمخابر..... 65
6-5-4 أنظمة ذكاء اصطناعي مدمجة للكشف..... 65
6-5-5 فوائد استخدام الذكاء الاصطناعي في اكتشاف المتفجرات..... 65
6-6 الذكاء الاصطناعي في الكشف عن الكمائن الخداعية..... 66
6-6-1 تحليل البيئة والتمويه باستخدام الذكاء الاصطناعي..... 66
6-6-2 التعرف على الكمائن بواسطة الرؤية الحاسوبية..... 66
6-6-3 تحليل بيانات أجهزة الاستشعار المتقدمة..... 66
6-6-4 أنظمة الذكاء الاصطناعي في الكشف المبكر والتنبؤ..... 67
6-6-5 تحديات استخدام الذكاء الاصطناعي في الكشف عن الكمائن..... 67
6-7 أدوات وأنظمة الذكاء الاصطناعي المستخدمة حالياً في كشف المتفجرات والكمائن..... 67
6-7-1 الروبوتات الذكية للكشف والتفتيش..... 67
6-7-2 الطائرات بدون طيار (الدرون) والذكاء الاصطناعي..... 68
6-7-3 منصات الكشف المحمولة بالذكاء الاصطناعي..... 68
6-7-4 أنظمة التكامل بين الأجهزة..... 68
6-7-5 فوائد وأثر هذه الأدوات على العمليات الأمنية..... 68
6-8 التحديات والقيود في تطبيقات الذكاء الاصطناعي في كشف المتفجرات والكمائن..... 69
6-8-1 تحديات تقنية..... 69
6-8-2 تحديات بيئية وميدانية..... 69
6-8-3 التحديات المتعلقة بالأمن والخصوصية..... 69
6-8-4 القيود القانونية والتنظيمية..... 70
6-8-5 مقترحات للتغلب على التحديات..... 70
6-9-1 تقنيات الذكاء الاصطناعي المتقدمة..... 71
6-9-2 التكامل مع تقنيات أخرى..... 71
6-9-3 تحسين قدرات الرؤية الحاسوبية..... 71
6-9-4 الذكاء الاصطناعي التنبؤي والوقائي..... 71
6-9-5 الاعتبارات الأخلاقية والقانونية المستقبلية..... 72

الأساسيات التقنية للذكاء الاصطناعي في ..... 73
الادلـــة الجـــنائية..... 73
7-1 مقدمة في الذكاء الاصطناعي..... 74
-2 7 التعلم الآلي والتعلم العميق ..... 74
التعلم الآلي ..(Machine Learning - ML ..... 74
❖التعلم العميق(Deep Learning) ..... 74
7-3 شبكات الأعصاب الاصطناعية..... 75
7-4-1 تقنيات معالجة الصور ..... 75
7-5 تقنيات معالجة الإشارات ..... 75
7-6 تقنيات الكشف التقليدية للمتفجرات والكمائن ..... 76
7-7 أجهزة الكشف الكيميائي والفيزيائي ..... 76
7-7-1 أجهزة الكشف الكيميائي..... 76
7-7-2 أجهزة الكشف الفيزيائي..... 76
7-7-3 طرق الكشف اليدوي والآلي..... 76
7-7-4 حدود وعيوب الطرق التقليدية..... 77
7-4 تطبيقات الذكاء الاصطناعي في اكتشاف المتفجرات ..... 77
7-4-1 تحليل طيف المواد المتفجرة باستخدام التعلم الآلي..... 77
7-5 التعرف على أنماط المواد المتفجرة في الصور والأشعة..... 78
7-6 كشف المتفجرات عبر البيانات السلوكية والمخابر ..... 78
7-7 أنظمة ذكاء اصطناعي مدمجة للكشف ..... 78
7-8 فوائد استخدام الذكاء الاصطناعي في اكتشاف المتفجرات..... 78
7-9 الذكاء الاصطناعي في الكشف عن الكمائن الخداعية..... 79
7-9-1 تحليل البيئة والتمويه باستخدام الذكاء الاصطناعي..... 79
7-9-2 التعرف على الكمائن بواسطة الرؤية الحاسوبية ..... 79
7-10 تحليل بيانات أجهزة الاستشعار المتقدمة..... 80
7-11 أنظمة الذكاء الاصطناعي في الكشف المبكر والتنبؤ..... 80
7-11-1 تحديات استخدام الذكاء الاصطناعي في الكشف عن الكمائن ..... 80
7-11-2 أدوات وأنظمة الذكاء الاصطناعي المستخدمة حالياً في كشف المتفجرات والكمائن ..... 80
7-12 الروبوتات الذكية للكشف والتفتيش..... 81
7-13 الطائرات بدون طيار (الدرون) والذكاء الاصطناعي..... 81
7-14 منصات الكشف المحمولة بالذكاء الاصطناعي ..... 81
7-15 أنظمة التكامل بين الأجهزة ..... 81

7-16 فوائد وأثر هذه الأدوات على العمليات الأمنية ..... 82
7-17 التحديات والقيود في تطبيقات الذكاء الاصطناعي في كشف المتفجرات والكمائن ..... 82
7-17-1 تحديات تقنية ..... 82
7-17-2 تحديات بيئية وميدانية ..... 82
7-18 التحديات المتعلقة بالأمن والخصوصية ..... 83
7-19 القيود القانونية والتنظيمية..... 83
7-20 مقترحات للتغلب على التحديات..... 83
7-21 المستقبل والاتجاهات الحديثة في تطبيقات الذكاء الاصطناعي للكشف عن المتفجرات والكمائن..... 84
7-21-1 تقنيات الذكاء الاصطناعي المتقدمة..... 84
التكامل مع تقنيات أخرى..... 84
7-22 تحسين قدرات الرؤية الحاسوبية ..... 84
7-23 الذكاء الاصطناعي التنبؤي والوقائي ..... 85
7-24 الاعتبارات الأخلاقية والقانونية المستقبلية ..... 85
8 -1 أدوات وتقنيات التحليل الكيميا الجنائي وتحليل البقايا الكيميائية في مسارح الجريمة..... 88
8-2 الكروماتوغرافيا(Chromatography) ..... 88
8-3 التحليل الطيفي(Spectroscopy) ..... 88
8-4 التحليل الكهربائي(Electrochemical Analysis) ..... 89
8-3 المجهرية الجنائية(Forensic Microscopy) ..... 89
8-5 التحليل الكيميائي الرطب(Wet Chemistry) ..... 89
8-6 التقنيات الحديثة المدعومة بالذكاء الاصطناعي..... 89
8-7 اعتبارات الجودة والسلامة في استخدام الأدوات ..... 90
الـــتحليل الكيمـــيائي..... 91
9-1-1 الدم: التركيب وأهميته الجنائية..... 92
9-1-2 البول: وسيلة فعالة لتحليل السموم..... 92
❖لماذا يُستخدم البول؟..... 92
9-1-3 اللعاب: أداة غير تقليدية للتحليل الجنائي ..... 93
9-2 التحديات المرتبطة بتحليل السوائل البيولوجية..... 93
9-2-1 الاعتبارات القانونية والأخلاقية..... 94
9-2-2 حالات دراسية تطبيقية..... 94
9-3 تحليل البقايا الكيميائية في مسارح الجريمة (مواد مشتعلة، سموم، مخلفات متفجرات)..... 94
9-3-1 المواد القابلة للاشتعال والحارقة(Accelerants) ..... 94
9-3-3 مخلفات المتفجرات..... 96

9-3-4 آلية ربط الأدلة بالمتهمين.....96
9-3-5 اعتبارات السلامة والأخلاقيات.....97
9-4 تقنيات التحليل الجزيئي (DNA) ودورها في الكيمياء الجنائية.....97
9-4-1 أساسيات الحمض النووي(DNA) .....97
9-4-2 طرق جمع وتحضير عينات.....DNA .....97
9-4-3 تقنيات تحليلDNA .....97
9-5 تطبيقات تحليل DNA في الكيمياء الجنائية .....98
9-6 التحديات والمشاكل في تحليلDNA .....98
9-7 الاعتبارات القانونية في تحليلDNA .....99
9-8 تحليل السموم والمواد الكيميائية السامة في الطب الشرعي.....99
9-8-1 تصنيف السموم في الطب الشرعي.....99
9-8-2 مصادر السموم في الجسم.....100
9-8-3 آلية امتصاص وتوزيع السموم.....100
9-9 تقنيات الكشف والتحليل.....100
9-10 خطوات التحليل في المختبر.....101
9-11 أهمية تحليل السموم في التحقيقات الجنائية .....102
9-12- التحديات في تحليل السموم.....102
9-13 حالات دراسية وتحليلية.....102
9-14 الاعتبارات القانونية والأخلاقية.....103
9-15 دور تقنيات الطيف والتحليل الطيفي في الكيمياء الجنائية.....103
9-15-1 أنواع التحليل الطيفي المستخدمة في الكيمياء الجنائي.....103
❖التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء(FTIR) .....103
9-15-2 تطبيقات التحليل الطيفي في الكشف الجنائي.....104
9-16 جمع العينات وتحضيرها للتحليل الطيفي.....104
9-16-1 مزايا وعيوب تقنيات التحليل الطيفي .....104
-17 9 التطورات الحديثة في مجال التحليل الطيفي الجنائي.....105
9-18 دراسات حالة تطبيقية.....105
9-18 دمج الذكاء الاصطناعي مع تقنيات التحليل الطيفي في الكيمياء الجنائية .....105
9-18-1 لماذا الذكاء الاصطناعي في التحليل الطيفي؟ .....106
9-18-2 أنواع تقنيات الذكاء الاصطناعي المستخدمة .....106
19 -9 تطبيقات الذكاء الاصطناعي في الكيمياء الجنائية.....106
9-20 خطوات دمج الذكاء الاصطناعي في المختبرات الجنائية.....107

9-21 التحديات والاعتبارات..... 107
9-22 دراسات حالة حديثة..... 107
9-23 مستقبل دمج الذكاء الاصطناعي في الكيمياء الجنائية..... 108
9-24 تقنيات الذكاء الاصطناعي المستخدمة في الكيمياء الجنائية مع التركيز على التحليل الطيفي..... 108
❖التعلم العميق(Deep Learning) ..... 108
❖خوارزميات التجميع(Clustering Algorithms) ..... 109
❖خوارزميات تقليل الأبعاد(Dimensionality Reduction) ..... 109
9-24-2 الذكاء الاصطناعي التفسيري(Explainable AI) ..... 109
9-24-3 أمثلة تطبيقية لتقنيات الذكاء الاصطناعي..... 109
-25 9 ماهية الكمائن الخداعية وأمثلة شائعة..... 110
9-25-1 دور الذكاء الاصطناعي في التعرف على الكمائن..... 110
9-26 تطبيقات عملية للذكاء الاصطناعي في الكمائن..... 110
9-26-1 التحديات والفرص..... 111
9-27 الذكاء الاصطناعي وتحليل المواد المتفجرة في مسرح الجريمة..... 111
9-27-1 التحديات التقليدية في تحليل المواد المتفجرة..... 111
9-27-2 تقنيات الذكاء الاصطناعي في الكشف والتحليل..... 111
حالات تطبيقية..... 112
9-27-3 التكامل مع فرق التحقيق..... 112
❖ التحديات المستقبلية..... 112
9-28 تقنيات الذكاء الاصطناعي المتقدمة في تحليل الأدلة الجنائية..... 112
9-28-1 التعلم العميق(Deep Learning) ..... 113
❖الشبكات العصبية التوليدية(Generative Models) ..... 113
❖التعلم المعزز(Reinforcement Learning) ..... 113
❖معالجة البيانات متعددة الأبعاد(Multimodal Data Processing) ..... 113
❖التفسير والشفافية(Explainability) ..... 113
9-28-2 التحديات التقنية والأخلاقية..... 114
9-29 دراسات حالة عملية في تطبيقات الذكاء الاصطناعي بالكيمياء الجنائية..... 114
9-29-1 دراسة حالة 1: الكشف الآلي عن المواد المتفجرة باستخدام التعلم العميق..... 114
9-29-2 دراسة حالة 2: تحليل الكمائن الخداعية باستخدام الذكاء الاصطناعي..... 115
9-29-3 دراسة حالة 3: روبوتات ذكية للكشف عن المتفجرات..... 115
9-29-4 الدروس المستفادة والتوصيات..... 116
9-30 تطوير أدوات الكشف والتشخيص في الكيمياء الجنائية باستخدام الذكاء الاصطناعي..... 116

9-30-1 الأدوات التقليدية للكشف والتشخيص. ..... 116
9-30-2 دمج الذكاء الاصطناعي مع أدوات الكشف ..... 116
9-30-3 أدوات التشخيص القائمة على الذكاء الاصطناعي ..... 117
9-30-4 التحديات والفرص..... 117
9-31 الذكاء الاصطناعي وتحديات المستقبل في الكيمياء الجنائية ..... 117
9-31-1 التحديات التقنية..... 117
9-31-2 التحديات القانونية والأخلاقية..... 118
9-31-3 فرص المستقبل..... 118
9-31-4 استخدام التعلم العميق في التعرف على المركبات الكيميائية وتحليلها..... 119
❖مبادئ التعلم العميق في الكيمياء الجنائية..... 119
❖تطبيقات عملية..... 119
❖التحديات والحلول..... 119
9-31-5 دور الذكاء الاصطناعي في التنبؤ بأنماط الجرائم الكيميائية والوقاية منها ..... 120
❖تحليل البيانات الضخمة للجرائم الكيميائية..... 120
❖نماذج التنبؤ باستخدام الذكاء الاصطناعي..... 120
❖تطبيقات عملية..... 120
9-31-6 الوقاية باستخدام الذكاء الاصطناعي..... 120
9-31-7 التحديات والفرص..... 121
9-32 تطبيقات الذكاء الاصطناعي في تحليل الصور والفيديو لمسارح الجرائم الكيميائية..... 121
9-32-1التحديات في تحليل الصور والفيديوهات لمسارح الجرائم الكيميائية..... 121
❖تقنيات الذكاء الاصطناعي المستخدمة..... 121
❖التطبيقات العملية..... 122
❖التحديات والفرص المستقبلية..... 122
الـــــــفصل العاشـــــــر ..... 123
أتمتة عمليات المختبرات الجنائية باستخدام الذكاء الاصطناعي..... 123
10 المختبرات الجنائية..... 124
10-1 أتمتة التحاليل الكيميائية..... 124
10-2 الذكاء الاصطناعي في إدارة البيانات المختبرية ..... 124
10-3 تقنيات التعلم الآلي في تحسين دقة الفحوصات..... 124
10-4 التحديات والمستقبل..... 124
10-5 دور الذكاء الاصطناعي في تحسين تقنيات الكشف الميداني للمواد المتفجرة..... 125
10-5-1 التقنيات التقليدية في الكشف الميداني..... 125

10-5-2 دمج الذكاء الاصطناعي مع أجهزة الكشف ..... 125
❖تطبيقات عملية ..... 125
❖التحديات والفرص..... 125
10-6 تطبيقات الذكاء الاصطناعي في كشف وتحليل الكمائن الخداعية..... 126
10-6-1 آليات الكمائن الخداعية..... 126
10-6-2 تقنيات الذكاء الاصطناعي في الكشف..... 126
10-6-3 التطبيقات العملية..... 126
10-6-4 التحديات والفرص..... 126
10-7 دور الذكاء الاصطناعي في تحليل الأدلة الكيميائية المتبقية بعد التفجيرات..... 127
10-7-1 خصائص الأدلة الكيميائية بعد التفجيرات ..... 127
10-7-2 تقنيات الذكاء الاصطناعي المستخدمة..... 127
10-7-3 التطبيقات العملية..... 128
10-7-4 التحديات والفرص..... 128
10-8 الذكاء الاصطناعي في التنبؤ بالجرائم الكيميائية المستقبلية والوقاية منها ..... 128
10-8-1 مصادر البيانات المتاحة..... 128
10-8-2 تقنيات الذكاء الاصطناعي في التنبأ..... 128
10-8-3 التطبيقات العملية..... 129
10-8-4 التحديات والفرص..... 129
10-9 دمج الذكاء الاصطناعي مع تقنيات الواقع الافتراضي والواقع المعزز ..... 129
في تدريب فرق الكشف والتعامل مع المواد المتفجرة..... 129
10-9-1 أهمية التدريب باستخدام VR وAR ..... 129
10-9-2 دور الذكاء الاصطناعي في تحسين التدريب ..... 130
10-9-3 التطبيقات العملية..... 130
10-9-4 التحديات والفرص..... 130
10-10 الذكاء الاصطناعي في مراقبة وتأمين المنشآت الحيوية من الجرائم المتعلقة ..... 131
بالمواد المتفجرة..... 131
10-10-1 أنظمة المراقبة الذكية..... 131
10-10-2 تطبيقات الذكاء الاصطناعي في التأمين ..... 131
10-10-3 حالات استخدام ناجحة..... 131
10-10-4 التحديات والفرص..... 131
10-11 الذكاء الاصطناعي في تحليل البيانات الاستخباراتية المتعلقة بالمواد المتفجرة..... 132
10-11-1 مصادر البيانات الاستخباراتية..... 132

10-11-2 تقنيات الذكاء الاصطناعي المستخدمة.....132
10-11-3 التطبيقات العملية.....133
10-11-4 التحديات والفرص.....133
10-12 الذكاء الاصطناعي في إعادة بناء مسارح الجرائم المتعلقة بالمواد المتفجرة.....133
10-12-1 مكونات إعادة البناء.....133
10-12-2 تقنيات الذكاء الاصطناعي المستخدمة.....133
10-12-3 التطبيقات العملية.....134
10-12-4 التحديات والفرص.....134
10-13 الذكاء الاصطناعي في تحليل السلوك الإجرامي للمشتبه بهم في جرائم.....134
المواد المتفجرة.....134
10-13-1 مصادر بيانات السلوك الإجرامي.....134
10-13-2 تقنيات الذكاء الاصطناعي المستخدمة.....135
10-13-3 التطبيقات العملية.....135
10-13-4 التحديات والفرص.....135
10-14 الذكاء الاصطناعي في تحسين أساليب الكشف الميداني عن المواد المتفجرة.....135
10-14-1 الأدوات والتقنيات التقليدية.....136
10-14-2 تقنيات الذكاء الاصطناعي المستخدمة.....136
10-14-3 التطبيقات العملية.....136
10-14-4 التحديات والفرص.....136
10-15 الاتجاهات المستقبلية في الذكاء الاصطناعي.....137
10-15-1 تقنيات ناشئة ومبتكرة.....137
10-15-2 التحديات المستقبلية.....137
1510-3 التوصيات.....138
11-1 طرق الكشف الكيميائي والمجهري.....140
11-2 أهمية الكشف الكيميائي والمجهري.....140
11-3 الكشف الكيميائي.....140
11-3-1 المفاهيم الأساسية في الكيمياء التحليلية.....140
11-3-2 أنواع التفاعلات الكيميائية المستخدمة في الكشف.....141
11-3-3 أدوات وتقنيات الكشف الكيميائي.....141
11-4 طرق الكشف الكيميائي الكلاسيكية.....141
11-4-1 الكشف بالتحليل اللوني(Colorimetric Analysis).....141
11-4-2 الكشف باستخدام التفاعلات الترسيبية(Precipitation Reactions).....142

11-4-3 الكشف بالأكسدة والاختزال(Redox Reactions) ..... 142
11-4-4 الكشف باستخدام المؤشرات الكيميائية(Indicators) ..... 142
11-4-5 أهمية الطرق الكلاسيكية في السياقات التطبيقية ..... 143
11-5 طرق الكشف الكيميائي الحديثة ..... 143
11-5-1 التحليل الطيفي(Spectroscopic Analysis) ..... 143
11-6 الكروماتوغرافيا(Chromatography) ..... 144
11-7 التقنيات الكهروكيميائية..... 145
11-8 الذكاء الاصطناعي في الكشف الكيميائي الحديث..... 145
❖مزايا وقيود الطرق الحديث.....ز..... 145
11-9 أساسيات الكشف المجهري..... 146
11-9-1 أنواع المجاهر المستخدمة في الكشف المجهري..... 146
11-10 تقنيات التحضير المجهري للعينة..... 147
11-10-1 دور الكشف المجهري في التحقيقات الجنائية..... 147
11-10-2 الذكاء الاصطناعي والكشف المجهري ..... 147
11-10-3 التحديات المستقبلية..... 148
✧طرق الكشف المجهري المتقدمة..... 148
11-11 المجهر الذري القوة(AFM – Atomic Force Microscope) ..... 148
11-12 المجهر متحد البؤر(Confocal Laser Scanning Microscope) ..... 148
11-13 المجهر فوق الطيفي(Hyper-spectral Imaging Microscope) ..... 149
11-14 المجهر بالتحليل الطيفي للرامان(Raman Microscope) ..... 149
11-15 تقنيات دمج المجاهر مع الذكاء الاصطناعي في التطبيقات الجنائية ..... 150
❖التحديات والآفاق المستقبلية..... 150
11-16الكشف الكيميائي والمجهري في تحليل آثار المتفجرات..... 151
❖طبيعة آثار المتفجرات..... 151
11-17 الكشف الكيميائي للمتفجرات..... 151
11-18 الكشف المجهري لبقايا المتفجرات..... 151
11-19 الجمع بين التحليل الكيميائي والمجهري..... 152
11-20 دراسات حالة ميدانية..... 152
❖التحديات..... 152
❖التوجهات المستقبلية..... 153
11-21 التحديات في التحليل الجنائي للمتفجرات..... 153
11-22 دور الذكاء الاصطناعي في تجاوز التحديات..... 154

11-23 تقنيات الذكاء الاصطناعي المستخدمة.....154
11-23-1 مشاريع وتجارب عالمية رائدة.....155
❖آفاق المستقبل.....155
البيانات الضخمة في دعم تحقيقات المتفجرات وتحليل الكمائن الخداعية.....156
12-1 دور البيانات الضخمة في دعم تحقيقات المتفجرات وتحليل الكمائن الخداعية.....157
12-2 مفهوم البيانات الضخمة في السياق الجنائي.....157
12-3 استخدام البيانات الضخمة في التحقيقات المتعلقة بالمتفجرات.....157
12-4 تقنيات الذكاء الاصطناعي في تحليل البيانات الضخمة الجنائية.....158
❖تحديات استخدام البيانات الضخمة.....158
حلول مقترحة وتوجهات مستقبلية.....158
12-6 أمثلة تطبيقية.....159
12-7 التكامل بين التحاليل الجنائية والذكاء الاصطناعي في مواجهة التهديدات المتقدمة.....159
12-8 مفهوم التكامل التحليلي المدعوم بالذكاء الاصطناعي.....159
12-9مستويات التكامل.....160
12-10 تطبيقات عملية للتكامل.....160
12-11 التحديات التي تواجه التكامل.....161
❖الحلول المستقبلية.....161
12-12 استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في الكشف الكيميائي والمجهري.....162
أولًا: الذكاء الاصطناعي في الكشف الكيميائي.....162
ثانيًا: الذكاء الاصطناعي في الفحص المجهري.....163
ثالاثا: لنمذجة التنبؤية ودعم القرار.....163
رابعًا: التحديات والفرص.....164
خامسًا: أمثلة على أدوات الذكاء الاصطناعي المستخدمة.....164
12-13 أهمية البحث في طرق الكشف.....165
12-14 المخدرات والسموم – أنواعها وتأثيراتها.....165
12-14-1 تعريف المخدرات والسموم.....165
12-14-2 تصنيف المخدرات.....166
12-14-3 تصنيف السموم.....166
12-14-4 تأثيرات المخدرات والسموم على الجسم.....166
12-14-5 أسباب انتشار المخدرات والسموم في المجتمع.....166
12-15 أهمية الكشف الميداني والتحليل المختبري للمخدرات والسموم.....167
12-15-1 الدور الحيوي للكشف الميداني.....167

12-15-2 الدور الدقيق للتحليل المختبري.....167
12-15-3 التكامل بين الكشف الميداني والتحليل المختبري.....167
12-15-4 أثر التقدم التكنولوجي على دقة وكفاءة الكشف والتحليل.....167
12-16 طرق الكشف الميداني للمخدرات والسموم.....168
12-16-1 الكواشف الكيميائية السريعة(Colorimetric Tests) .....168
12-16-2 الأجهزة المحمولة للكشف الميداني.....168
12-16-3 استخدام الكلاب البوليسية والتقنيات البيولوجية.....169
12-16-4 التقنيات الكهروكيميائية والمجسات الذكية.....169
12-16-5 الكروماتوغرافيا(Chromatography) .....169
12-16-6 الطيفيات(Spectroscopy) .....170
12-17 التحاليل الحيوية(Bioassays) .....170
❖الأساليب الميكروسكوبية والتحليل العنصري.....171
12-18 مقارنة بين طرق الكشف الميداني وطرق التحليل المختبري.....171
❖مزايا الكشف الميداني.....171
❖قيود الكشف الميداني.....171
❖مزايا التحليل المختبري.....171
❖قيود التحليل المختبري.....172
12-19 التكامل بين الطريقتين.....172
12-20 تطبيقات الذكاء الاصطناعي في الكشف والتحليل المختبري للمخدرات والسموم.....172
12-20-1 استخدام الذكاء الاصطناعي في الكشف الميداني.....172
12-21 تطبيقات الذكاء الاصطناعي في التحليل المختبري.....172
❖التحديات والمستقبل.....173
12-22 دراسات حالة وتطبيقات عملية لتقنيات الكشف والتحليل في المجال الجنائي.....173
12-22-1 دراسة حالة: استخدام الذكاء الاصطناعي في مطار دولي.....173
12-22-2 دراسة حالة: الكشف عن السموم في مسرح جريمة تسمم.....174
12-22-3 تطبيق عملي: الكلاب البوليسية والذكاء الاصطناعي.....174
12-22-4 تطبيق: الكشف باستخدام الطائرات بدون طيار (الدرون).....174
12-23 التحديات والفرص المستقبلية في مجال الكشف والتحليل للمخدرات والسموم.....174
12-23-1 التحديات الرئيسية.....174
12-23-2 الفرص المستقبلية.....175
❖توصيات.....176
12-23-4 التوصيات النهائية.....176

12-23-5 الرؤية المستقبلية.....177
13-1 المتفجرات ومخلفات الحريق وأنواعها .....179
13-2 تعريف المتفجرات.....179
13-2-3 تعريف مخلفات الحريق.....179
13-3 الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمتفجرات ومخلفات الحريق .....180
13-4 أهمية التعرف على المتفجرات ومخلفات الحريق.....180
13-5 الأساليب الميدانية لكشف المتفجرات ومخلفات الحريق.....180
13-6 الإجراءات الأولية في موقع الحادث.....180
13-7 طرق جمع العينات الميدانية.....181
13-8 الأدوات والتقنيات الميدانية المستخدمة.....181
13-9 تحديات العمل الميداني.....182
13-10 أهمية التوثيق الدقيق في الميدان.....182
13-11 التحليل المختبري للمتفجرات ومخلفات الحريق .....182
13-12 تجهيز العينات وتحضيرها.....182
13-13 تقنيات التحليل الكيميائي المستخدمة.....183
13-14 التحليل المجهري.....183
13-15 الكشف عن مواد معينة.....184
13-15-1 ضبط الجودة والتحقق من النتائج.....184
13-15-2 أهمية التحليل المختبري في السياق القانوني.....184
13-16 استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في تحليل المتفجرات ومخلفات الحريق.....185
13-17 تطبيقات الذكاء الاصطناعي في التحليل الكيميائي .....185
13-18 الذكاء الاصطناعي في التحليل المجهري.....185
13-19 دمج الذكاء الاصطناعي في أنظمة الكشف الميداني .....186
13-20 تحديات وتوصيات في استخدام الذكاء الاصطناعي.....186
13-21 حالات دراسية.....186
13-22-1 الإطار القانوني لاستخدام الذكاء الاصطناعي في التحقيق الجنائي.....187
13-22-2 التحديات الأخلاقية.....188
13-22-3 المسؤولية القانونية والأخطاء المحتملة .....188
13-22-4 المبادئ الموصى بها لاستخدام أخلاقي وقانوني.....189
13-22-5 دور الخبراء القانونيين والتقنيين.....189
13-23 دمج تقنيات الذكاء الاصطناعي مع الاستشعار الذكي .....190
13-24 الذكاء الاصطناعي الكمي(Quantum AI) .....190

13-24-1 الطائرات بدون طيار (Drones) المدعومة بالذكاء الاصطناعي.....190
13-24-3 المختبرات الافتراضية(Virtual Labs) .....191
13-25 نماذج التنبؤ بالهجمات الإرهابية.....191
13-26 تقنيات الذكاء الاصطناعي المستقبلي .....191
❖التحديات المستقبلية.....192
13-27 دراسات حالة وتطبيقات واقعية لذكاء الاصطناعي في التحقيقات الجنائية.....192
الخاصة بالمتفجرات ومخلفات الحريق .....192
❖دراسة حالة 1:.....192
تفجير بوسطن – تحليل أدلة الفيديو باستخدام الذكاء الاصطناعي.....192
❖دراسة حالة 2:.....193
كشف مواد ناسفة في مطار هيثرو – روبوتات الذكاء الاصطناعي .....193
❖دراسة حالة 3:.....193
التحقيق في حرائق غابات كاليفورنيا – تحليل الحريق باستخدام الرؤية الحاسوبية.....193
❖دراسة حالة 4:.....193
مشروع – DARPA الذكاء الاصطناعي التنبؤي للكشف عن تهديدات إرهابية.....193
دراسة حالة 5:.....194
المختبر الجنائي الأوروبي – مطابقة مخلفات حريق بواسطةAI .....194
13-27 أهمية دراسات الحالة في تطوير النماذج.....194
13-27-1 التوصيات العملية.....195
13-28-1 التساؤلات البحثية.....197
13-28-2 الجانب التشريعي والأمني.....198
13-29 تعريف المخدرات والسموم وأنواعها الشائعة.....198
13-29-1 مفهوم الأدلة الجنائية المرتبطة بالمواد السامة والمخدرة.....198
13-29-2 نبذة عن الذكاء الاصطناعي وتقنياته المستخدمة .....198
13-29-3 أنواع البيانات المستخدمة في الأدلة الكيميائية الجنائية.....199
13-30 اطرق الكشف الميداني التقليدية.....199
13-30-1 استخدام الكلاب البوليسية وأجهزة الاستشعار المحمولة.....199
13-3-2 اختبارات الكشف السريع(Rapid Test Kits) .....200
13-30-3 القيود والتحديات في الطرق التقليدية .....200
13-31-1 التحليل المختبري التقليدي.....201
❖التحليل الطيفي(FTIR, UV-Vis, NMR) .....201
13-31-2 كروماتوغرافيا الغاز والسائل(GC-MS, HPLC) .....201

13-31-3 التحليل الكهروكيميائي والبيولوجي.....201
13-31-4 التحديات في الدقة والسرعة وتكاليف الوقت .....202
13-32 الذكاء الاصطناعي في الأدلة الجنائية.....202
13-32-1 13 مقدمة حول إدماج الذكاء الاصطناعي في علوم الأدلة.....202
13-32-2 خوارزميات الذكاء الاصطناعي المستخدمة.....202
13-33 مجالات تطبيق الذكاء الاصطناعي في تحليل المخدرات والسموم.....203
13-34 مزايا الذكاء الاصطناعي مقارنة بالطرق التقليدية.....203
أمثلة وتطبيقات واقعية.....204
13-35 النماذج التطبيقية للذكاء الاصطناعي في الكشف الميداني والمختبري.....204
13-35-1 نماذج تحليل طيفي مدعومة بالذكاء الاصطناعي .....204
13-32-3 نماذج الذكاء الاصطناعي في الميدان (أنظمة محمولة) .....205
13-32-4 أمثلة على التعاون البشري-الآلي في المختبرات الجنائية .....206
13-32-5 a تقييم فعالية النماذج التطبيقية.....206
13-32-6 التحديات والمعوقات في استخدام الذكاء الاصطناعي في تحليل الأدلة الكيميائية.....207
❖التحديات التقنية.....207
13-32-7 القيود القانونية والتشريعية.....207
13-32-8 الموارد البشرية والبنية التحتية.....208
❖التحفظات الأخلاقية والمجتمعية.....208
13-32-9 أمثلة حقيقية على التحديات.....209
13-33 الحلول المقترحة والتوصيات لتجاوز التحديات .....209
13-33-1 تعزيز جودة البيانات التدريبية.....209
13-33-2 تطوير البنية التحتية الرقمية.....209
13-33-3 بناء القدرات البشرية المتخصصة.....ز .....210
13-33-4 وضع أطر تشريعية ومعايير رقابية واضحة.....210
13-33- 5 دمج الذكاء الاصطناعي كأداة مساعدة لا بديل.....211
❖نموذج مقترح: منصة وطنية ذكية لتحليل الأدلة الكيميائية.....211
❖التوصيات الختامية للفصل.....211
13-34 داسات حالة وتحليل قضايا واقعية .....212
13-34-1 قضية التسمم الصناعي – ألمانيا(2019) .....212
13-34-2 ضبط شحنة مخدرات في ميناء روتردام – هولندا(2021) .....212
13-34- 3 13 قضية تسمم جماعي في حفلة موسيقية – بريطانيا(2022) .....213
13-34-4 قضية استخدام المخدرات في الأحداث الرياضية – الولايات المتحدة(2020) .....213

❖تحليل الأداء العام في هذه القضايا..... 214
13-34-5 دروس مستفادة من القضايا الواقعية ..... 214
❖الخاتمة العامة والتوصيات المستقبلية..... 215
13-34-6 التوصيات المستقبلية..... 215
13-35 تعريف الأدلة الجنائية الحيوية ..... 216
13-35-1 أهمية دراسة الأنسجة والشعر والآلياف في الأدلة الجنائية ..... 217
13-35-2 التحديات التقليدية في تحليل هذه الأدلة..... 217
13-35-3 دور الذكاء الاصطناعي في تحسين دراسة الأنسجة والشعر والآلياف..... 217
13-36 التقنيات التقليدية والمختبرية لدراسة الأنسجة والشعر والآلياف ودمج الذكاء الاصطناعي..... 217
13-36-1 التقنيات التقليدية في دراسة الأنسجة والشعر والآلياف ..... 217
❖دراسة الأنسجة..... 217
❖دراسة الشعر..... 218
❖دراسة الآلياف..... 218
13-36-2 التحديات في التقنيات التقليدية ..... 218
13-36-3 دمج الذكاء الاصطناعي في التقنيات التقليدية ..... 218
❖التعلم الآلي وتحليل الصور الميكروسكوبية ..... 218
❖التعلم العميق (Deep Learning) في تصنيف الأنسجة والشعر والآلياف..... 219
❖تحليل البيانات الطيفية باستخدام الذكاء الاصطناعي ..... 219
❖التطبيقات العملية والأنظمة الذكية المتنقلة..... 219
13-37 طرق جمع العينات وتحضيرها مع دعم الذكاء الاصطناعي في ضمان جودة البيانات..... 219
13-37-1 أهمية جمع العينات بدقة..... 219
13-37-2 طرق جمع العينات ..... 219
❖جمع الأنسجة..... 219
❖جمع الشعر..... 220
❖جمع الآلياف.....ز..... 220
❖تحضير العينات للتحليل المختبري..... 220
13-37-3 دور الذكاء الاصطناعي في تحسين جودة جمع وتحضير العينات..... 220
❖الأنظمة الذكية المساعدة في مواقع الجريمة..... 220
❖مراقبة جودة العينات عبر الذكاء الاصطناعي..... 220
❖أتمتة عمليات التحضير المختبري..... 220
13-38 تقنيات الذكاء الاصطناعي في تحليل بيانات الأنسجة والشعر والآلياف..... 221
13-38-1 تقنيات التعلم الآلي(Macine Learning) ..... 221

❖تصنيف العينات..... 221
❖تحليل الصور..... 221
13-38-2 تقنيات التعلم العميق(Deep Learning) ..... 221
❖الشبكات العصبية التلافيفية(CNN) ..... 221
❖الشبكات العصبونية المتكررة(RNN) ..... 221
❖تقنيات الرؤية الحاسوبية(Computer Vision) ..... 222
13-38-3 دمج تقنيات الذكاء الاصطناعي مع أدوات التحليل المختبري..... 222
13-39 الفوائد والتحديات..... 222
❖الفوائد..... 222
❖التحديات ..... 222
13-40 تطبيقات الذكاء الاصطناعي العملية في الأدلة الجنائية للأنسجة والشعر والآلياف..... 222
13-40-1 تطبيقات تحليل الأنسجة..... 223
13-40-2 تطبيقات تحليل الشعر..... 223
13-40-3 تطبيقات تحليل الآلياف..... 223
13-40-4الأنظمة الذكية الميدانية..... 223
13-40-5دراسات حالة..... 224
13-40-6 تحديات التنفيذ..... 224
13-41 الاعتبارات القانونية والأخلاقية لاستخدام الذكاء الاصطناعي في تحليل الأدلة الجنائية..... 224
13-41-1 الاعتبارات القانونية..... 224
❖قانونية الأدلة الناتجة عن الذكاء الاصطناعي..... 224
❖الشفافية وقابلية التفسير..... 224
❖حماية الخصوصية والبيانات الشخصية..... 224
❖الاعتبارات الأخلاقية..... 225
◆العدالة وعدم التميي..... 225
◆المسؤولية القانونية والأخلاقية..... 225
◆تأثير استخدام الذكاء الاصطناعي على الإنسان..... 225
❖التوصيات التنظيمية..... 225
13-42 مستقبل الذكاء الاصطناعي في دراسة الأنسجة والشعر والآلياف في الأدلة الجنائية ..... 225
الاتجاهات المستقبلية في تقنيات الذكاء الاصطناعي..... 226
❖الذكاء الاصطناعي التفسيري(Explainable AI) ..... 226
❖الذكاء الاصطناعي التعاوني(Collaborative AI) ..... 226
❖استخدام الحوسبة الكمومية..... 226

13-42-1دمج البيانات المتعددة المصادر ..... 226
❖التحديات المستقبلية..... 226
❖التوصيات المستقبلية..... 226
❖أهمية تحليل الأحبار والأصباغ في الأدلة الجنائية..... 229
14-3 أنواع الأحبار ..... 230
❖الحبر السائل(Liquid Ink) ..... 230
❖الحبر الهلامي(Gel Ink) ..... 230
❖الحبر الجاف(Dry Ink) ..... 230
14-4 أنواع الأصباغ والصبغات ..... 230
❖الأصباغ العضوية..... 230
❖الأصباغ غير العضوية..... 231
❖الأصباغ الطبيعية..... 231
14-5 التغيرات الكيميائية في الأحبار والأصباغ ..... 231
14-6 أهمية دراسة البنية الكيميائية في الأدلة الجنائية ..... 231
14-7-1 الفحص البصري والمجهري..... 232
❖الفحص البصري العادي..... 232
❖الفحص بالمجهر الضوئي..... 232
14-7-2 التحليل الكيميائي البسيط ..... 232
❖اختبارات الذوبان..... 232
❖اختبار التفاعل الكيميائي..... 232
14-7-3 الكروماتوغرافيا (التحليل اللوني) ..... 232
❖الكروماتوغرافيا الورقية(Paper Chromatography) ..... 232
❖كروماتوغرافيا الطبقة الرقيقة(TLC) ..... 233
14-7-4 الفحص بالأشعة فوق البنفسجية وتحت الحمراء ..... 233
14-8 المقارنة البصرية بين العينات..... 233
14-9 القيود والمشكلات..... 233
14-10-1 مطيافية الأشعة تحت الحمراء(FTIR) ..... 234
❖التطبيقات..... 234
❖المزايا..... 234
14-11 مطيافية الأشعة فوق البنفسجية - المرئية(UV-Vis) ..... 234
❖الاستخدامات الجنائية..... 234
14-12 مطيافية رامان(Raman Spectroscopy) أ..... 235

❖الاستخدامات.....235
14-13 مطيافية البلازما الناتجة عن الليزر(LIBS) .....235
❖التطبيقات.....235
14-14 التحليل الكروماتوغرافي الغازي - الطيف الكتلي(GC-MS) .....235
✧التطبيقات الجنائية.....235
14-15 تقنيات مساندة.....235
❖الفحص بالأشعة السينية(XRF) .....235
❖المجهر الإلكتروني الماسح(SEM) .....236
14-16 المقارنة بين التقنيات.....236
14-17-1تطبيقات الذكاء الاصطناعي في تحليل الأحبار والأصباغ .....237
❖التصنيف الآلي لأنواع الأحبار والصبغات.....237
❖كشف التزوير وتحديد الترتيب الزمني للكتابة .....237
❖تحليل بيانات التحليل الطيفي الكبير(Big Spectral Data) .....237
18- 14أمثلة عملية من الدراسات الحديثة.....237
❖نموذج شبكي لتمييز الحبر.....237
❖تحليل الوثائق المزورة في CNN .....237
14-19 تقنيات الذكاء الاصطناعي المستخدمة.....238
20- 14 مزايا إدماج الذكاء الاصطناعي.....238
14-21 التحديات والقيود.....238
❖التكامل مع المختبرات الجنائية .....239
❖خلفية الحالة.....239
14-21-2خطوات التحليل .....239
❖الفحص الأولي.....239
❖الفحص الطيفي(FTIR + Raman) .....240
❖تحليل بصمة الحبر باستخدامAI .....240
14-21-3النتائج .....240
❖التفسير الفني.....240
❖النتيجة القانونية.....240
❖تحليل نقدي للحالة.....241
❖الدروس المستفادة.....241
14-22-1مشكلات الخصوصية وحماية البيانات .....242
❖تخزين البيانات البيومترية.....242

❖الملكية الفكرية للبرمجيات..... 242
14-22-2الشفافية وقابلية التفسير ..... 242
"❖الصندوق الأسود" في خوارزمياتAI ..... 242
❖الحاجة إلى نماذج شفافة..... 242
14-23 احتمالية التحيّز والانحراف..... 242
❖التحيز في البيانات..... 242
❖الانحياز في التفسير..... 243
14-24 المسؤولية القانونية..... 243
❖من يتحمل الخطأ؟..... 243
❖الحاجة إلى إطار تشريعي..... 243
14-25 القبول القضائي للأدلة الرقمية ..... 243
❖مبدأ داوبرت(Daubert Standard) ..... 243
❖في السياق العربي..... 243
14-26 التحديات في الدول النامية..... 244
14-27 توصيات أخلاقية وتشريعية ..... 244
14-28-1 الولايات المتحدة الأمريكية..... 245
❖لممارسات المتبعة..... 245
❖لقبول القضائي..... 245
14-28-2 ألمانيا..... 245
❖التكامل مع التحليل الطيفي..... 245
❖التشريع والضوابط..... 245
14-28-3 الإمارات العربية المتحدة..... 245
❖الاستخدام الحكومي المتقدم..... 245
❖الربط مع الذكاء الاصطناعي..... 246
14-28-4 الصين..... 246
❖النماذج المعمقة..... 246
❖التحديات..... 246
14-28-4 فرنسا..... 246
❖الجمع بين الخبرة البشرية والآلية..... 246
❖القبول المؤسسي..... 246
14-29 مقارنة بين الدول ..... 247
14-30 تحليل وتوصيات للبيئات العربية..... 247

❖التحديات..... 247
❖لتوصيات..... 247
14-31-1 الاتجاهات التقنية المستقبلية..... 248
❖التعلم العميق متعدد الوسائط(Multimodal Deep Learning) ..... 248
❖التحليل اللحظي عبر الأجهزة المحمولة..... 248
❖الذكاء التنبؤي..... 248
14-31-2 تعزيز التكامل بين الإنسان والآلة ..... 248
14-31-3 التطبيقات القضائية المتقدمة..... 249
❖بناء "سجل جنائي للأحبار"..... 249
❖التحقق المؤتمت من المستندات..... 249
تحديات مستقبلية ..... 249
14-32 دور البحث العلمي المستقبلي..... 249
❖الذكاء الاصطناعي التفسيري(XAI) ..... 249
❖الذكاء الاصطناعي الأخلاقي(Ethical AI) ..... 249
❖التوقعات خلال العقد القادم..... 250
14-31-1 النتائج العامة والتوصيات والآفاق المستقبلية..... 250
❖النتائج العامة..... 250
14-31-2التوصيات..... 251
❖توصيات تقنية..... 251
❖توصيات تشريعية وقانونية..... 251
❖توصيات تعليمية وتدريبية..... 251
14-31-3 الآفاق المستقبلية..... 251
أهداف الكتاب وأهميته..... 252
❖الرؤية المستقبلية وأثر الكتاب..... 252

# تـــــم بحمده تعالى

**الدكتورة المهندسة**

**فـــريال ابراهيم الظفـــيري**