

تقنية النانو والإثبات الجنائي: تحدي توطين تكنولوجيا المستقبل في منظومة العدالة الجزائرية

Nanotechnology and Forensic Evidence: The Challenge of Localizing Future Technology within the Algerian Criminal Justice System

بسّاس محمد*

كلية الحقوق، جامعة عين تموشنت، الجزائر
mohamed.bessas@univ-temouchent.edu.dz

حيمر آسية

كلية الحقوق، جامعة الجزائر 1، الجزائر
haimerassian@outlook.com

تاريخ النشر: 2026/08/21

تاريخ القبول: 2026/08/19

تاريخ الإستلام: 2026 / 01 / 20

الملخص:

تبحث هذه الدراسة في الدور التحويلي لتقنية النانو ضمن منظومة العدالة الجنائية، من خلال تحليل قدرتها الفائقة على استنتاج الأدلة المادية الدقيقة والمستعصية التي يعجز الفحص التقليدي عن رصدها أو معالجتها، وتتجلى فاعلية هذه التكنولوجيا في تقديم إمكانيات تحليلية متطورة تساهم في إظهار البصمات الكامنة، وتحليل الحمض النووي بتركيزات ضئيلة، واستعادة البيانات الرقمية من الوسائط التالفة، بما يضمن تحقيق يقين قضائي يتجاوز الاحتمالات الظنية؛ وفي إطار الواقع التشريعي الجزائري، تسلط الدراسة الضوء على التحديات الإجرائية والقضائية الناشئة، لا سيما في ظل القانون 14-25، مع إبراز الدور الاستراتيجي لمركز تنمية التكنولوجيات المتطورة في توطين هذه التقنيات وتوفير المعايير القانونية اللازمة لضمان صدقية النتائج المخبرية؛ وتخلص الدراسة إلى حتمية مواءمة القواعد الإجرائية الوطنية مع خصوصية الدليل الذري، واستشراف نموذج القاضي التقني المؤهل لمناقشة الخبرات العلمية المعقدة، وذلك لضمان استقلالية القرار القضائي وتحقيق السيادة التقنية في مواجهة الجرائم المعاصرة، كما تنوّه الدراسة على ضرورة إرساء ضوابط قانونية وأخلاقية صارمة تصون حرمة الجسد والخصوصية الجينية، باعتبارهما حدوداً آمرة لا يجوز تجاوزها في سياق ممارسة الإثبات النانوي المعاصر.

الكلمات المفتاحية: تقنية النانو؛ الإثبات الجنائي؛ الدليل الذري؛ القانون 14-25؛ مركز تنمية التكنولوجيات المتطورة؛ القاضي التقني.

* المؤلف المرسل: بسّاس محمد.

Abstract:

This study examines the transformative role of nanotechnology within the criminal justice system by analyzing its superior ability to interrogate minute and complex physical evidence that traditional forensics fails to detect or process. The effectiveness of this technology is demonstrated through advanced analytical capabilities that contribute to revealing latent fingerprints, analyzing DNA at trace concentrations, and recovering digital data from damaged media, thereby ensuring judicial certainty that transcends mere speculative probabilities. Within the framework of the Algerian legislative reality, the study highlights the emerging procedural and judicial challenges, particularly under Law 25-14, while emphasizing the strategic role of the Center for the Development of Advanced Technologies (CDTA) in localizing these technologies and providing the necessary legal calibration to ensure the credibility of laboratory results. The study concludes with the imperative of aligning national procedural rules with the specificity of "atomic evidence" and envisioning the model of the "Technical Judge" qualified to deliberate complex scientific expertise. This is essential to guarantee the independence of judicial decisions and achieve technical sovereignty in combating contemporary crimes. Furthermore, the study stresses the necessity of establishing strict legal and ethical constraints that safeguard bodily integrity and genetic privacy as mandatory boundaries that must not be bypassed in the context of modern nano-evidence practices.

Keywords: Nanotechnology; Criminal Evidence; Atomic Evidence; Law 25-14; CDTA; Technical Judge.

مقدمة:

تعتبر تقنية النانو "Nanotechnology"، إحدى أهم التحوّلات الهندسية والعلمية في القرن الحادي والعشرين، والتي تتجاوز تأثيراتها حدود العلوم التقليدية لتصل إلى مفاصل حيوية في الأمن القومي والإثبات القانوني، ففي عالم يشهد فيه الحقل الجزائي تطوراً متسارعاً في تعقيد أساليب ارتكاب الجريمة وإتقان إخفاء آثارها، تبرز تقنية النانو كأداة إستيمولوجية لتعزيز قدرات العدالة الجزائية على كشف الحقائق وإثبات الوقائع بدقة متناهية.

ويستمد البحث أهميته من تنامي أنماط الجريمة المعقدة والجريمة المنظمة العابرة للحدود، والتي يعتمد مرتكبوها إلى توظيف وسائل تقنية معقدة لطمس الآثار الجرمية؛ إذ توفر تكنولوجيا الصغائر قدرة فائقة للسلطات القضائية على استنباط الدليل المادي من الآثار "النزرة" التي كانت تصنف سابقاً ضمن الأدلة المتعذر إثباتها فنياً، ويهدف هذا الطرح إلى تحليل مساهمة تقنية النانو في تطوير علوم الأدلة الجنائية¹

¹ علم الأدلة الجنائية، المعروف أيضاً بعلم الجريمة الجنائي أو العلوم الجنائية، هو تطبيق المبادئ والمنهجيات العلمية على المسائل القانونية، سواء كانت جنائية أو مدنية، وهو مجال متعدد التخصصات يجمع بين جوانب من علم الأحياء والكيمياء والفيزياء والطب وعلوم الحاسوب وهندسة الطب الشرعي وغيرها، بهدف التعرف على الأدلة وتحليلها وتفسيرها لتقديم معلومات موضوعية يمكن استخدامها في المحاكم أو في التحقيقات الجنائية. لمزيد من التفصيل يُراجع: محمد بسّاس، الإثبات الجزائي بالأدلة العلمية في القانون الجزائري، ط2، مؤسسة الكتاب القانوني، بومرداس، الجزائر، 2025، ص.138.

"Forensic Science"، قصد إعادة صياغة معايير "اليقين القضائي" وتحويلها من مجرد استنتاجات احتمالية إلى حقائق مخبرية قاطعة.

وتتجه الأنظمة القانونية الحديثة، وبخاصة في النماذج الأنجلوسكسونية، نحو إحلال "الدليل الذري" محل الأدلة القولية والشهادات التقليدية، مما يستوجب على المشرع الجزائري مواءمة القواعد الإجرائية مع هذا التحول لضمان فعالية الردع العام وصون الحقوق والحريات، وتسعى هذه الدراسة إلى جسر الهوة بين القواعد القانونية الإجرائية وبين التطبيقات العلمية الدقيقة، عبر فحص استراتيجية الجزائر في توطيد هذه التكنولوجيا، ويأتي التركيز على مركز تنمية التكنولوجيات المتطورة "CDTA" تجسيدا لترابط السيادة القضائية بالسيادة التقنية؛ فالاعتماد على مخابر وطنية في تحليل الأدلة النانوية وفق معايير قياسية وطنية يضمن استقلالية القرار القضائي ويحصن الأمن المعلوماتي للدولة من التبعية الخارجية.

ولكل ما سبق تتحدد معالم الإشكالية القانونية في التساؤل التالي: ما هي قدرة المنظومة الإجرائية والقضائية الجزائرية على استيعاب المخرجات العلمية لتقنية النانو كأداة لتعزيز الحقيقة القضائية في ظل أحكام القانون 14-25؟ وكيف تساهم المؤسسات البحثية الوطنية في إرساء دعائم نموذج "القاضي التقني" الذي يوفق بين سلطته التقديرية وبين النتائج القطعية للدليل النانوي؟

تم اعتماد المنهج التحليلي المقارن كمنهجية رئيسية لضبط إطار دراسة الموضوع؛ حيث استند المستوى الأول إلى استقراء المعايير الدولية كبروتوكولات المعهد الوطني للمعايير والتكنولوجيا NIST لاستنباط الشروط العلمية لقبول الدليل التقني، بينما ركز المستوى الثاني على تحليل نصوص قانون الإجراءات الجزائية، قانون عصرنه العدالة، وقانون القياس؛ واقترن ذلك باستخدام المنهج الاستشراقي لتقييم القدرات المؤسسية لمركز تنمية التكنولوجيات المتطورة، بغرض وضع تصور إجرائي يضمن انتقال الدليل من الحيز المخبري إلى اليقين القضائي، مع مراعاة مبادئ شرعية الإجراءات وضمانات المحاكمة العادلة.

لضمان معالجة الإشكالية المطروحة بشكل شمولي، انتظمت هذه الدراسة وفق هيكلي موضوعية توازن بين التأصيل الفني والضبط الإجرائي في مبحثين رئيسيين، خصص المبحث الأول لبيان الإمكانيات التحليلية لتقنية النانو في تجويد الأدلة الجزائية، من خلال فحص الخصائص الفيزيائية للمادة وكيفية استغلالها في رصد الآثار البيولوجية والكيميائية الدقيقة، مع تبيان أثر هذه التقنية في مكافحة التزوير، أما المبحث الثاني، فعالج إشكالات توظيف تقنية النانو في القضاء الجزائي الجزائري، بالتركيز على الضوابط الإجرائية التي استحدثها القانون 14-25، وتحليل الدور المؤسسي لمركز تنمية التكنولوجيات المتطورة في توفير المعايير القانونية والدعم الفني، وصولا إلى استشراف متطلبات تكوين "القاضي التقني" لمواكبة التطورات المتسارعة في العدالة الرقمية.

المبحث الأول: الإمكانيات التحليلية المتقدمة لتقنية النانو في جمع وجودة الأدلة الجزائية

مما لا شك فيه، أن جوهر الإثبات الجزائي المعاصر لا يكمن في الكشف عن الآثار المادية المتواجدة بمساح الجرائم فقط، وإنما في تحقيق الدقة المتناهية والسرعة الفائقة في الوصول إلى اليقين، وهو ما توفره تقنية النانو، والتي توصف بـ "مفتاح تكنولوجيا المستقبل"، وذلك على نحو لم يكن ممكنا من

قبل؛ وتأسيسا على ذلك، أدت التحديات المتزايدة الناجمة عن تطور أساليب الجريمة وتناقص كميات الأدلة المتروكة التي يطلق عليها تسمية "الأدلة النزرة"¹ إلى إظهار قصور الطرق التقليدية، مما جعل تقنية النانو بمثابة حل متقدم للتكنولوجيا لمعالجة هذه المعضلات بفعالية غير مسبوقة، الأمر الذي يضعها في صدارة الاهتمام الأكاديمي والعملي في علوم الأدلة الجزائية.

المطلب الأول: مفهوم تقنية النانو وتطبيقاتها في تحليل الآثار البيولوجية والكيميائية

أحدث التطور التكنولوجي المستمر قفزة نوعية في مجالات الإثبات الجزائي، وقد تجلى ذلك بشكل خاص بظهور تقنية النانو، باعتبارها من أبرز الثورات العلمية الكبرى في القرن الحادي والعشرين²، كما أن التعامل مع المقياس النانوي ومتاهيات الصغر، بإمكانه أن يمنح هذه التقنية خصائص فريدة، تمكنها من القيام بدور فعال في رفع وتحليل الآثار البيولوجية والكيميائية، ورغم أن هذه التقنية لا تزال في مراحل تطورها الأولى، إلا أن تطبيقاتها المتسارعة وما حققته من مزايا قد فتحت آفاقا غير مسبوقة في التعامل مع هذه الآثار.

وعليه، أصبح من الضروري تحديد الإطار المفاهيمي لتقنية النانو وخصائصها الجوهرية، ومن ثم استعراض التحول الإبيستيمولوجي الناتج عن مقياس العمل النانوي، وأخيرا تسليط الضوء على تطبيقاتها الأكثر أهمية في الكشف عن الآثار البيولوجية والكيميائية النادرة وتحليلها بدقة متناهية، وذلك وفق الفروع التالية:

الفرع الأول: تعريف تقنية النانو وخصائصها الإبيستيمولوجية

إن الانتقال إلى عالم متاهيات الصغر، أو ما يعرف باسم "الجيل الخامس للتكنولوجيا"، لم يكن في جوهره تطوير للأدوات فحسب، وإنما كان تحولا جذريا في منهجية التفكير والتعامل مع المادة، ومن هذا المنطلق، تبرز أهمية تقنية النانو في إعادة تعريف كيفية التعامل مع الدليل الجزائي في مسرح الجريمة، وذلك منذ رفعه وحتى تحليله، وعليه، يتعين استعراض الإطار المفاهيمي لهذه التقنية والخصائص الجوهرية التي تمنحها تأثيرها العميق على طبيعة الدليل وقيمتها الإبيستيمولوجية في الإثبات.

أولا: تعريف تقنية النانو ومقياس العمل النانوي

تعرف تقنية النانو على نطاق واسع بأنها العلم الذي يهتم بدراسة وتطوير المواد والأجهزة من خلال التعامل مع الأبعاد متناهية الصغر، وتحديدًا ضمن النطاق الذي يتراوح ما بين 1 إلى 100 نانومتر، ويتمثل جوهر هذه التقنية في القدرة على التحكم في بنية المادة على المستوى الذري والجزيئي، حيث

¹ هي تلك الكميات القليلة أو المتناقصة جدا من الآثار المادية التي تتركها الجريمة، والتي لا يمكن اكتشافها أو تحليلها بدقة باستخدام الطرق التقليدية أو المجهرية الاعتيادية، هذه الأدلة عبارة عن آثار دقيقة مثل ألياف متناهية الصغر، أو بقايا سائل بيولوجية ضئيلة جدا، أو جزيئات متطايرة، أو كميات متناهية من مخلفات الأسلحة والمواد الكيميائية التي تنقل كميتها بفعل التطور في أساليب ارتكاب الجريمة. لمزيد من التفصيل يُراجع: محمود محمد عبد العظيم سوييف، دور بصمة الذاكرة في الإثبات الجنائي، مجلة روح القوانين، كلية الحقوق، جامعة طنطا، مصر، العدد 111، 2025، ص. 224.

² Umera ZAIB, Jamshed IQBAL, Importance & Applications of Nanotechnology, MedDocs Publishers LLC, Pakistan, 2019, pp. 2-5.

تتضمن الدراسة والتصميم والإنشاء والتطبيق للهياكل والوظائف والأجهزة والأنظمة من خلال هذا التحكم المجهرى الدقيق، وكذا صناعة جزيئات نانوية جديدة ذات خصائص فريدة ومحسنة جذريا (فيزيائية، وكيميائية، وميكانيكية) غير موجودة في المادة الأم الذي يمثل المقياس الأكبر¹.

وعلى مستوى المفهوم، وصفها إريك دريكسلر بأنها: "مجموعة من القدرات التي تهدف إلى بناء الأشياء من جزيئات وذرات من الأسفل إلى الأعلى"²؛ ومن الناحية المؤسسية، عرفها المعهد الوطني للقياس والتكنولوجيا "NIST" بأنها: "التقنية التي تتضمن البحث والتطوير والتصنيع والاستخدام لتركيبات وأجهزة وأنظمة عبر التحكم في الأشكال والأحجام ضمن هذا المقياس النانوي"³؛ أما اللجنة الكهروتقنية الدولية "IEC"، فتركز في تعريفها على أن: "النانو تقنية تهتم بخصائص المواد عند هذا المقياس تحديدا"⁴. وفي سياق متصل، عرفت هيئة سلامة الأغذية الأوروبية المواد النانوية بأنها: "مواد مصنوعة أو مهندسة عمدا، تحتوي على أجزاء وظيفية ببعد واحد على الأقل بين 1 إلى 100 نانومتر"⁵.

هذا، ويعرف مقياس العمل النانوي على أنه: "النطاق المحدد الذي تنشط فيه هذه التقنية"⁶، ويعود أصل مصطلح "النانو" إلى الكلمة اليونانية القديمة "Nanos" التي تعني "القرم"، في دلالة مباشرة على مدى صغر المقياس، ووحدته الأساسية هي النانومتر (nm)، وهو وحدة قياس متناهية الصغر تساوي جزء من مليار جزء من المتر (10⁻⁹ متر)، حيث يتركز العمل في هذا المقياس على الأبعاد التي تقع بين 1 نانومتر و100 نانومتر، وهو النطاق الحرج الذي عنده تكتسب المواد خصائص جديدة ومختلفة تماما عن خصائصها في المقاييس الأكبر (الميكروي أو الماكروي)، الأمر الذي يجعله المحور الهام والأساسي لكافة تطبيقات تكنولوجيا النانو⁷.

ومن المفارقات التاريخية أن البدايات الأولى لاستعمال تكنولوجيا النانو ترجع إلى الحضارات القديمة، كاستخدام الإغريق لجسيمات نانو الذهب في صناعة الزجاج واستخدام جسيمات نانوية لإنتاج ألوان معينة، واستخدام العرب المسلمين لجسيمات نانوية في صناعة "السيف الدمشقي"، وينسب الفضل في وضع الأساس المفاهيمي لهذه التقنية إلى عالم الفيزياء "Richard Feynman" في معهد كاليفورنيا للتكنولوجيا، بمحاضراته عام 1959 بعنوان "There's Plenty of Room at the Bottom"، والتي دعت إلى التلاعب

¹ منى كامل تركي، دور تكنولوجيا النانو في الكشف عن الجريمة وحجبتها كدليل أمام القضاء، مجلة القانون والأعمال الدولية، سلسلة الأبحاث الجامعية والأكاديمية، العدد 33، سبتمبر 2020، ص. 45.

² عمر عبد المجيد مصبح، دور بقع الدم في اكتشاف وإثبات الجرائم من خلال تقنية النانو، المجلة العربية للدراسات الأمنية والتدريب، جامعة نايف العربية للعلوم الأمنية، المجلد 30، العدد 61، ديسمبر 2014، ص. 52.

³ منى كامل تركي، المرجع السابق، ص. 47.

⁴ جدوي سيدي محمد أمين، النانو تكنولوجيا ودوره في الإثبات الجنائي، مجلة إيليزا للبحوث والدراسات، المركز الجامعي إليزي، الجزائر، المجلد 08، العدد 01، 2023، ص. 168.

⁵ European Food Safety Authority (EFSA), Guidance on risk assessment of the application of nanoscience and nanotechnologies in the food and feed chain, EFSA Journal, Vol. 9, Issue 5, 2011, p. 11.

⁶ منى كامل تركي، المرجع السابق، ص. 49.

⁷ عمر عبد المجيد مصبح، المرجع السابق، ص. 54.

بالمواد على المستوى الذري، ثم قام البروفيسور "Norio Taniguchi" ببلورة مصطلح "النانو تكنولوجي" في عام 1974، واليوم، أصبحت جهود المؤسسات رائدة، كالمعهد الوطني للمعايير والتكنولوجيا "NIST" في الولايات المتحدة، أساساً لوضع المعايير التي تنقل منها هذه التقنيات المجهرية إلى تطبيقاتها في مخابر الشرطة الفيدرالية ومراكز الطب الشرعي، كل هذا يبرهن على أن فكرة التعامل مع متاهيات الصغر ليست وليدة العصر الحديث بل تم تطويرها جذرياً في الوقت الراهن¹.

ثانياً: الخصائص الفريدة والتحول الإبتيمولوجي في الإثبات الجزائي

إن مقياس العمل النانوي هو الركيزة الأساسية للخصائص الفريدة التي تخدم الإثبات الجزائي، حيث إن مجرد تجزئة المادة إلى قطع متناهية الصغر على هذا المقياس يؤدي إلى تغير خصائصها بصورة مذهلة وغير متوقعة، فهذا التحول يمنح الجسيمات خصائص فيزيائية وكيميائية فريدة ومختلفة تماماً عن المادة في حجمها العادي، أبرزها الزيادة الهائلة في مساحة السطح التفاعلي والتحفيزي، والتي تمكن من تحقيق كفاءة تحليلية فائقة، تسمح بالكشف عن آثار لم تكن مرئية أو قابلة للتحليل بالوسائل التقليدية، مثل الآثار البيولوجية الدقيقة أو الآثار الكيميائية المتطايرة بتركيزات ضئيلة جداً².

وعليه، تترجم هذه الخصائص الفريدة إلى دقة متناهية في التحريات الجزائية، الذي من شأنه تعزيز مبدأ "يقين الإثبات" ويتجاوز القيود التقليدية التي لطالما كانت عائقاً أمام تحقيق العدالة، الأمر الذي يمنح التقنية قيمة إبتيمولوجية (معرفية) عالية؛ ولذلك، فقد وصل التقدم في هذه التكنولوجيا إلى مرحلة أصبح فيها النانو تكنولوجي قادراً على تحقيق إنجازات ومزايا في مجالات متعددة، مما يجعله محط اهتمام رجال القانون للاستفادة منه في الإثبات الجزائي، وفق ما هو منصوص ومتعارف عليه قانوناً وقضاءً، ويضاف إلى ذلك أن تأثير هذه التقنية لا يقتصر على الإثبات فحسب، بل يشمل جوانب من السياسة الجزائية والعقابية، كتوظيف تقنية الصغائر في التتبع النانوي لتنفيذ الأحكام، مما يدل على عمق الأثر الشامل لهذه التقنية في النظام القانوني والجزائي برمته³.

الفرع الثاني: التحول الإبتيمولوجي الناتج عن مقياس العمل النانوي

إنّ المقياس النانوي، الذي يتمحور حول التعامل مع متاهيات الصغر في نطاق يتراوح بين 1 إلى 100 نانومتر، لا يستخدم كتصغير للمادة وكفى، بل هو تحول جذري في خصائصها وتفاعلاتها الأساسية، ولذلك ينبغي الوقوف على الفعالية الإبتيمولوجية لهذه التقنية التي تتجسد في ظاهرتين رئيسيتين ترتبطان ببعضهما البعض بشكل وثيق.

¹ سجاد علي سلمان، فعالية تكنولوجيا النانو في كشف الجريمة وإثباتها، مجلة كلية الإسرء الجامعة للعلوم الاجتماعية والإنسانية، المجلد 5، العدد 10، 2023، ص. 530.

² حمزة قده، إيمان كحيط، توظيف تطبيقات الذكاء الاصطناعي في مكافحة الجرائم الإلكترونية، ورقة مقدمة للمؤتمر العلمي الدولي الثالث (التكنولوجيا الرقمية من التأصيل إلى الابتكار)، جامعة أم القيوين، الإمارات، ديسمبر 2022، ص. 4.

³ محمد بن عتيق الدوسري، التقنية متناهية الصغر (النانو)، مجلة الأمن والحياة، جامعة نايف العربية للعلوم الأمنية، الرياض، المملكة العربية السعودية، العدد 358، 2013، ص. 120.

أولاً: الزيادة الهائلة في مساحة السطح النوعية والنشاط التحفيزي

عندما تجزأ المادة إلى جسيمات نانوية، من الجدير بالملاحظة أن معدل مساحة السطح النوعية "Surface Area to Volume Ratio" يتضاعف بشكل كبير، حيث يؤدي زيادة هائلة في عدد الذرات المتاحة للتفاعل على السطح، الذي يمنحها نشاطاً تحفيزياً غير عادي، حيث يمكن هذا الارتفاع في التفاعلية من تحقيق ميزتين أساسيتين؛ تتمثل الأولى في رفع الحساسية، التي تسمح بالكشف عن جزيئات مستهدفة بتركيزات ضئيلة جداً، أي أن كمية الآثار المادية المطلوبة للتحليل تتخفض بشكل كبير جداً، وهو ما يمثل حلاً لمعضلة الأدلة المجهريّة في القضايا الحساسة؛ أما الثانية، فتتجلى في زيادة الانتقائية، حيث يمكن تصميم جسيمات نانوية ذات أسطح معدلة ترتبط فقط بالجزيء المستهدف دون غيره كالحمض النووي منقوص الأكسجين "DNA" أو المتفجرات، مما يقلل بفعالية من التداخلات الكيميائية ويضمن دقة الفحص حتى في بيئات العينة المعقدة والملوثة مثل آثار الدم أو التربة، الأمر الذي يرفع من جودة الإثبات¹.

ثانياً: ظهور التأثيرات الكمومية وتحسين الخصائص البصرية

في هذا الإطار، تمتد الإثارة إلى دخول المادة في عالم فيزيائي مغاير، حيث تبدأ في اكتساب سلوكيات بصرية وكهربائية مذهشة لا تروى في حالتها الطبيعية، وتعد النقاط الكمومية هي القفزة النوعية هنا؛ فهي تعمل كمصابيح نانوية فائقة التوهج، يمكن برمجتها بدقة لتضيء ألواناً محددة تكشف خبايا مسرح الجريمة². كما يسمح الانتقال من المادة الصامتة إلى المادة المضئية، برؤية ما كان مستحيلاً؛ فيتحول أثر اللمس الباهت أو جزيئات الـ DNA متناهية الصغر إلى أدلة ساطعة تحت المجهر، وبهذا يرفع سقف اليقين الجزائي إلى مستويات تتجاوز عجز الوسائل التقليدية، لنصل إلى عدالة تستند إلى حقائق علمية لا تقبل التأويل³.

المطلب الثاني: تطبيقات النانو المنهجية في تحليل الآثار البيولوجية والكيميائية

تعتبر تقنية النانو ثورة حقيقية في تحليل الآثار البيولوجية والكيميائية، لا سيما تلك المتواجدة بكميات ضئيلة جداً، كأثار اللمس أو البقايا المتطايرة، والذي يزيد بشكل ملموس من كفاءة التحريات الجزائية.

الفرع الأول: النانو في تحليل الحمض النووي منقوص الأكسجين وتقدير زمن الوفاة

لقد نجحت تقنية النانو في التغلب على المعوقات الثلاثة الكبرى لتحليل الـ DNA، والمتمثلة في الاستخلاص، والتضخيم، والتسلسل، ولعل من المفيد التأكيد على أن هذا التفوق يقوم على آليات علمية دقيقة ومدروسة.

¹ Dupas HAEBERLIN et Autres, Nanosciences et nanotechnologies Evolution ou revolution?, Imprimerie de France, Paris, 2014, p.69.

² حمزة قده، إيمان كحيط، المرجع السابق، ص.6.

³ محمد بن عتيق الدوسري، المرجع السابق، ص.121.

أولاً: النانو في تحليل الحمض النووي منقوص الأكسجين

لقد أحدثت الجسيمات النانوية المغناطيسية "MNPs" ثورة في عملية استخلاص الـ DNA، وتفسيرا لذلك، تتمثل آلية عملها في طلاء أسطح هذه الجسيمات بمركبات ذات ألفة كيميائية عالية لجزيء الـ DNA، مما يسمح لها بالارتباط به بشكل انتقائي للغاية، وبمجرد ارتباطها، يمكن فصل هذا المعقد النانوي-البيولوجي عن باقي مكونات العينة المعقدة كالترربة أو بقايا الأنسجة بمجرد تطبيق مجال مغناطيسي خارجي بسيط ومتحكم به، فهذه الطريقة توفر نقاء أعلى للعينة وتتم في وقت قياسي، مما يحافظ على سلامة العينة، مقارنة بالطرق التقليدية القائمة على الطرد المركزي التي قد تؤدي إلى تدهور الحمض النووي أو تلوثه؛ فضلا عن ذلك، فإن استخدام جسيمات الذهب النانوية "Au-NPs" في تفاعل البلمرة المتسلسل "PCR" قد عزز من كفاءة التضخيم بشكل ملحوظ؛ إذ تعمل هذه الجسيمات كموصلات حرارية ممتازة، مما يسرع من معدلات التسخين والتبريد داخل جهاز الدورة الحرارية، ونتيجة ذلك، يختصر وقت الحصول على نتائج التتميط "Profiling" من أيام إلى ساعات معدودة، وعلاوة على ذلك، يتم اليوم توظيف بخاخات التثبيت النانوية الشفافة لحماية هذه الأدلة البيولوجية الحساسة من التلوث البيئي؛ إذ تعمل على تكوين غشاء عازل "خامل كيميائيا" يغلف العينة ويحميها من التحلل البكتيري أو الرطوبة في مسرح الجريمة، مما يضمن وصولها للمخبر بحالتها الخام¹.

ثانياً: آلية مجهر القوة الذرية في تحديد عمر بقع الدم

في السابق كان يمثل تحديد الفترة الزمنية بعد الوفاة "PMI" أو عمر بقعة الدم "TSD" تحديا كبيرا في مجال الطب الشرعي والتحقيقات الجزائية، وفي هذا الإطار، برز دور مجهر القوة الذرية "AFM" كأداة نانوية متخصصة لا غنى عنها، حيث تعتمد الآلية على أن خلايا الدم الحمراء "RBCs" داخل بقع الدم الجافة تخضع لتغيرات فيزيائية وكيميائية مستمرة كالتحلل والتخثر مع مرور الوقت، ويعمل جهاز AFM على قياس الخصائص اللزوجة المرنة "Viscoelastic Properties" لسطح الخلية من خلال النقاط منحنيات القوة والمسافة بدقة نانومترية غير إتلافية، ويتم تحليل الانخفاض الملاحظ في هذه الأنماط المرنة، ومن خلال معاييرها مقابل فترة زمنية معلومة، يمكن تقدير عمر البقعة تقريبا؛ ويضاف إلى ما تقدم، أن هذا التحليل المورفولوجي الدقيق يوفر دليلا كيميا جديدا يضاف إلى الأدلة التقليدية لتقدير وقت وقوع الجريمة، حيث يعزز من قوة الدليل بشكل كبير في قاعة المحكمة².

¹ Bruce MCCORD, Nanotechnology and its Potential in Forensic DNA Analysis, International Forensic Research Institute, Florida International University, Miami, USA, 2006, pp. 1-3.

² Vietnam Environment Administration, Report on Assessment of current state and trend of research and application of nanotechnology and nanosafety in Vietnam, Pollution Control Department, Hanoi, Vietnam, 2015, pp. 22-25.

الفرع الثاني: الكشف الفوري عن المتفجرات والمخدرات والسموم بواسطة النانو

أحدثت تكنولوجيا النانو ثورة جذرية في قواعد الكشف الجنائي؛ إذ منحت قدرة فائقة على رصد السموم والمواد الكيميائية الخطرة بتركيزات ضئيلة كان من المستحيل ضبطها في السابق، موجهة بذلك نقلة نوعية في عمل مخابر السموم والمنظومة الأمنية لتعزيز الدقة والسرعة في مواجهة التهديدات

أولاً: آلية عمل المستشعرات النانوية للكشف عن المتفجرات والمخدرات

يعتمد الكشف النانوي على ابتكار مستشعرات ذكية توظف مواد متطورة كأنايب الكربون أو جسيمات البولييمرات النانوية لرصد التهديدات بدقة متناهية، فعند فحص المتفجرات مثل TNT، تعمل هذه المستشعرات بآلية ذكية تؤدي إلى إطفاء التوهج فور ملامسة جزيئات المادة للسطح النانوي، مما ينتج عنه إشارة بصرية فورية قابلة للقياس؛ وتتجلى القيمة الحقيقية لهذا الابتكار في تمكين فرق الشرطة العلمية من فحص بقايا المتفجرات أو المخدرات ميدانياً عبر أجهزة محمولة عالية الحساسية مثل "Portable Raman Spectrometers" أو "Handheld Nanochemical Sensors"، مما يختصر زمن الإجراءات القانونية، ويضمن اتخاذ القرارات اللازمة في وقت قياسي مع توفير الحماية للمتعاملين مع تلك المواد الخطرة¹.

ثانياً: رصد السموم والمبيدات في السوائل الحيوية والأنسجة

تنتقل الدقة الجنائية في كشف السموم من الفحوصات المخبرية المطولة إلى التحليل الجزيئي الفوري؛ إذ يتم الاستعانة بالأجسام المضادة النانوية والجسيمات المغناطيسية الدقيقة لتعقب الآثار الزهيدة للمواد السامة في عينات الدم أو الأنسجة، وتعتبر هذه العملية مهمة في قضايا الوفيات المشبوهة أو التسمم العمدي، حيث توفر بيانات مفصلة حول نوع السم وجرعته القاتلة، وعلى صعيد آخر، يتسع دور هذه المستشعرات ليستوعب تحليل السوائل الحيوية المعقدة التي قد تتعرض للتلوث، الأمر الذي يتيح للخبير الجنائي الفصل بين العوامل البيئية والمواد الجرمية بدقة متناهية².

هذا، وبدلاً من الإجراءات التقليدية التي قد تتألم من سلامة الجسد أو العينة، فإن المنهج النانوي يوفر طريقاً مختصراً وآمناً للعدالة، حيث يختزل الوقت في استخلاص النتائج، ويقدم دليلاً مخبرياً قاطعاً يغلق الباب أمام التأويلات، ويوجه بوصلة التحقيق مباشرة وبدقة متناهية³.

¹ Yuqi HUANG et al., Important applications of DNA nanotechnology combined with CRISPR/Cas systems in biotechnology, Royal Society of Chemistry (RSC Advances), UK, 2025, pp. 6208-6210.

² Umera ZAIB, Jamshed IQBAL, Op.cit, pp. 11-12.

³ Mini NAMDEO, Magnetite Nanoparticles as Effective Adsorbent for Water Purification-A Review, Advances in Recycling & Waste Management, Indian Institute of Technology Roorkee, India, 2017, pp. 5-7.

الفرع الثالث: دور النانو في تحديد الهوية وتحليل الأدلة الدقيقة

لتكنولوجيا النانوية أهمية مفصلية في العلوم الجنائية المعاصرة، حيث نقلت عملية البحث عن الحقيقة من النطاق الميكروسكوبي التقليدي إلى آفاق الذرة والجزيء؛ فلم يعد العجز التقني عائقاً أمام استنتاج الأدلة الصامتة أو المستعصية، وانطلاقاً من هذا التحول.

وتأسيساً على ما تقدم، تتجلى أهمية دراسة هذا الفرع في رصد الدور الأدق للمواد النانوية في إعادة صياغة مفهوم "الدليل القاطع"، عبر مسارات تتكامل فيما بينها لضمان نزاهة العدالة الجنائية، وذلك كما سيأتي.

أولاً: دور النانو في استنتاج الأدلة المادية

لم تعد الطرق التقليدية في مسرح الجريمة تقوى على مجازاة تعقيدات الأسطح الحديثة، ومن هنا انبثقت المواد النانوية لتعالج القصور البشري والتقني في استجلاء الأدلة الغامضة، وذلك من خلال مسارين أساسيين¹:

1- إظهار البصمات الكامنة

تتجاوز المساحيق النانوية الذكية مفاهيم الالتصاق الميكانيكي البسيط؛ إذ تندفع جسيمات أكسيد الزنك أو الذهب النانوية، بفضل مساحة سطحها ونشاطها الكيميائي، لترتبط ارتباطاً انتقائياً وثيقاً بالإفرازات الدهنية والبروتينية التي تتركها المسام البشرية، حيث يسمح هذا الالتصاق الدقيق للمحققين بإظهار تفاصيل الحواف حتى على الأسطح التي كان يعتقد سابقاً أنها مستعصية، كالأسطح المسامية أو الخشنة². تستخدم المخابر الجنائية الحديثة تقنيات "الترسيب البخار النانوي" لاستعادة البصمات من الأسطح المستعصية، إذ تعتمد هذه التقنية على ترديد جزيئات دقيقة من الذهب أو الزنك داخل غرف مفرغة من الهواء لتلتصق بالبقايا العضوية متناهية الصغر، وتتبع هذه الطريقة الأثر الشبكي المتبقي في مسام المادة بعمق، وتنجح في إعادة بناء معالم البصمة مجهرياً حتى في الحالات التي تعرض فيها السطح للمسح أو الغسل أو الظروف البيئية القاسية³.

ويوظف الخبراء عوامل التباين الضوئي المتقدمة عبر استخدام النقاط الكمومية "Quantum Dots"، إذ تمتص هذه الجزيئات الدقيقة الضوء ثم تعيد انبعاثه بطول موجي محدد ودقيق، حيث يؤدي هذا التفاعل الضوئي إلى خلق تباين حاد يبرز تفاصيل البصمة بوضوح تام ويجردها من أي تشويش ناتج عن

¹ Shariat MOBASSER, Ali Akbar Firoozi, Review of Nanotechnology Applications in Science and Engineering, Journal of Civil Engineering and Urbanism, Universiti Kebangsaan Malaysia, Malaysia, 2016, pp. 88-90.

² Umera ZAIB, Jamshed IQBAL, Op.cit, pp. 7-8.

³ Asmith K. SONI, Roshan K. JHA, Nanotechnology's Applications and Potential in Various Fields, Cureus, India, 2024, pp. 7-9.

لون الخلفية أو طبيعة السطح، وتمنح هذه العملية خبير الأدلة الجنائية صورة بالغة النقاء، مما يرفع درجة اليقين في عملية المطابقة ويقلل احتمالات الخطأ البشري إلى مستويات تقترب من الصفر¹.

2- تحليل بقايا إطلاق النار

تمنح تكنولوجيا النانو جهات التحقيق الجنائي قدرات فائقة في كشف ملابسات الجرائم المسلحة عبر التحليل الجزيئي العميق، حيث يغوص مجهر القوة الذرية "AFM" ومطياف الكتلة النانوي في سبر أغوار الذرات المكونة لبقايا المقذوف، لتستبدل بذلك الطرق التقليدية التي تكتفي برصد وجود البارود بآليات فحص أكثر شمولاً، وتسمح هذه الأدوات المتطورة للمخبر الجنائي برصد البقايا الدقيقة التي تستعصي على الرؤية بالعين المجردة، كما تتيح تحليل تركيبها الكيميائي والفيزيائي بدقة متناهية تضمن استخلاص كافة البيانات الكامنة في الذرات².

ويسمح هذا الفحص المجهرى لتتبع مصدر السلاح بكفاءة عالية، إذ توفر الخصائص النانوية فرصة مطابقة الجزيئات المستخلصة مع بصمة كيميائية فريدة ترتبط بنوع معين من الذخيرة أو بمصنع محدد، ويساعد هذا التدقيق في تحويل الدليل من مجرد استنتاج احتمالي إلى برهان علمي راسخ يربط السلاح المستخدم بمسرح الجريمة من خلال سلسلة من الجزيئات النانوية التي تقدم حقائق مادية قاطعة³.

ثانياً: تطبيقات النانو في التوثيق الجنائي ومكافحة التزيف

انتقلت إجراءات مكافحة التزوير من حيز الفحص بالعدسات المكبرة إلى آفاق النانومتر الدقيقة، حيث توظف جهات التحقيق الخصائص الفيزيائية والكيميائية الفريدة للمادة في تأمين المستندات الرسمية والأوراق النقدية، حيث تمنح هذه التقنيات معايير أمان مرتفعة تستند إلى بنية المادة في مستواها الذري، مما يجعل محاكاة هذه المعايير أو تقليدها أمراً مستحيلاً بالوسائل التقليدية، كما تعتمد المخابر المختصة على دمج جزيئات نانوية داخل الألياف الورقية أو أحبار الطباعة، لتشكل بصمة أمنية غير قابلة للتكرار تمنح المستند حجية مطلقة من الناحيتين الفنية والقانونية، علاوة على ذلك تساهم هذه الآليات في تمكين خبراء التزيف من التحقق من صحة المحررات بيقين تام، وتدعم استقرار التعاملات القانونية عبر حماية الأوراق ذات القيمة من محاولات التلاعب.

1- كشف التسلسل الزمني لتداخل الأحبار

تواجه جهات التحقيق تحديات جسيمة في قضايا التزوير المتقن التي تتضمن إضافة كلمات أو توقيعات لاحقة فوق نصوص أصلية، وهنا يحسم التصوير الطبوغرافي عبر مجهر القوة الذرية "AFM" هذا النزاع الفني، ويمسح المجهر سطح الوثيقة لرسم تضاريس ثلاثية الأبعاد "3D\ Topography" بدقة متناهية، مما يظهر الترتيب الزمني لترسيب الأحبار على الورقة⁴.

¹ Umera ZAIB, Jamshed IQBAL, Op.cit, pp. 10.

² Mini NAMDEO, Op.cit, pp. 7-8.

³ Umera ZAIB, Jamshed IQBAL, Op.cit, pp. 9.

⁴ Asmith K. SONI, Roshan K. JHA, , Op.cit, pp. 10-11.

هذا، ويحدد هذا الفحص المجهرى نوع الحبر الذي يغلو الآخر عند نقاط التقاطع، ويؤدي هذا التحديد إلى كشف أي تعديل مادي أُجري على المستند بعد واقعة التحرير الأصلية، وتوفر القدرة الفنية على رصد "التسلسل الطبقي" للأحبار جهة القضاء وسيلة إثبات تقنية قاطعة تفصل في دعاوى التزوير، وتستجلي الحقائق التي يعجز الفحص المجهرى الضوئي التقليدي عن إظهارها ويقدم هذا التحليل يقينا فنيا لا يدع مجالا للشك؛ إذ تساهم هذه الدقة المتناهية في دحض ادعاءات المزور وإثبات واقعة التلاعب مهما بلغت المهارة الفنية المستخدمة في ارتكاب الجريمة¹.

2- التشفير النانوي للمستندات والوثائق الرسمية

يتجه العمل الرقابي نحو التشفير النانوي لحماية السيادة المالية والوثائقية، وذلك عبر إدماج جسيمات مشفرة ذات تعقيد ضوئي أو مغناطيسي عالٍ داخل صلب الأحبار أو في نسيج ألياف الورق، وتكتسب المستندات بفضل هذه الجسيمات بصمة كيميائية فريدة، لا تظهر معالمها إلا تحت تحفيز فيزيائي معين أو باستخدام أجهزة قراءة مخصصة تملكها السلطات الرسمية.

وتكمن القيمة القانونية لهذا الإجراء في استحالة محاكاة هذا التركيب النانوي المعقد من الناحية التقنية؛ إذ يجعل التوزيع العشوائي والمدرّوس لهذه الجسيمات من كل ورقة نقدية أو جواز سفر كيانا فريدا يصعب تكراره، وتتحوّل تكنولوجيا النانو بموجب هذا النظام إلى درع فني يحمي الثقة في التعاملات القانونية والمالية الدولية، ويضمن سلامة المحررات من التزيف².

ثالثا: الاستعادة النانوية للأدلة الرقمية وتوثيق مسرح الجريمة

في مواجهة المساعي الحثيثة للجنة لإتلاف الأدلة الرقمية عبر التحطيم المادي لوسائط التخزين، يتم الاستعانة بالمجهر الإلكتروني الماسح "SEM" المزود برؤوس قراءة وكتابة نانوية بالغة الدقة؛ حيث تعمل هذه التقنية على تجاوز الطبقات التالفة واستخراج البيانات والنبضات الرقمية مباشرة من المناطق المغناطيسية الميكروسكوبية التي لم يطلها التدمير الكامل، وهو ما يطلق عليه باصطلاح "الجراحة المجهرية للبيانات"، وتفتح هذه القدرة آفاقا لاسترجاع الملفات المخزنة في أقراص صلبة أو شرائح ذاكرة محروقة أو محطة كان يعتقد سابقا أنها خارج نطاق الاسترداد³.

وعلى صعيد متصل، ومن منظور تكميلي يربط بين المسار التقني والميداني، يتجاوز دور التكنولوجيا النانوية مجرد استعادة البيانات ليستوعب صون "مسرح الجريمة" وتوثيقه مكانيا بدقة متناهية؛ إذ تنتشر مستشعرات وكاميرات نانوية دقيقة قادرة على التغلغل في الزوايا الضيقة والمساحات المجهرية لرفع القياسات الطبوغرافية، الأمر الذي يتيح إعادة بناء مكان الحادث افتراضيا بتقنية التصوير ثلاثي الأبعاد⁴.

¹ Bruce MCCORD, *Op.cit*, pp. 1-3.

² Mustafa Ersöz et al., *Nanotechnology 2: Characterization and Applications*, Uninano Project, Selçuk University, Turkey, 2016, pp. 268-271.

³ Yuan-Jyue Chen et al., *DNA nanotechnology from the test tube to the cell*, Nature Nanotechnology, Macmillan Publishers Limited, USA, 2015, pp. 1-4.

⁴ Yuan-Jyue CHEN et al., *Op.cit*, pp. 4-5.

وبناء على ذلك، وزيادة على أن هذا التوثيق الرقمي النانوي يحفظ الحالة الراهنة للمسرح، فإنه يضمن كذلك سلامة الدليل المكاني من الاندثار بفعل العوامل البيئية أو العبث البشري، ويمنح جهات التحقيق والمحكمة فرصة "المعاينة الافتراضية" للمكان ومحاكاة سيناريوهات الجريمة بيقين علمي لا يقبل التأويل.

المبحث الثاني: إشكالات توظيف تقنية النانو في القضاء الجزائي الجزائري ورؤاها المستقبلية

ينطوي نقل تكنولوجيا النانو من من أروقة المخابر البحثية، وفي مقدمتها مركز تنمية التكنولوجيات المتطورة "CDTA"، إلى أروقة المحاكم الجنائية في الجزائر، على تغيير جذري في مفاهيم الإثبات المادي؛ إذ يواجه هذا الانتقال واقعا إجرائيا وماديا يستوجب تطويرا شاملا لمنظومة التعامل مع "الأدلة الذرية" التي لا تدرك بالحواس المجردة.

تتطلب هيكلة هذا المبحث استعراض التحديات الإجرائية الناشئة عن تطبيق قانون الاجراءات الجزائية رقم 14-25¹، ثم تحليل المهام المؤسساتية التي يضطلع بها مركز "CDTA" باعتباره الجهة الأساسية لتوطين هذه التقنية، وصولا إلى وضع تصور متكامل يجمع بين الضوابط الأخلاقية والمعايير التقنية؛ بهدف تطويع هذه التكنولوجيا ضمن المنظومة القضائية الجزائرية بما يكفل كشف الحقيقة وحماية الحقوق والحريات.

المطلب الأول: التنظيم الإجرائي وحجية الدليل النانوي في ضوء القانون 14-25

أوجد المشرع الجزائري عبر نصوص القانون رقم 14-25 منظومة إجرائية متطورة ترتكز على رقمنة مفاصل قطاع العدالة، وتتجلى مظاهر هذا التحديث التشريعي في تبني تقنية المحادثة المرئية عن بعد كوسيلة إجرائية بموجب المادة 639 ق.إ.ج.ج، وما يليها، حيث سمح القانون بالاعتماد عليها لضمان حسن سير المرفق القضائي أو تأمين المتهمين، وأحاطها بضمانات تقنية تكفل سرية البيانات وتوثيق الجلسات ضمن دعامات إلكترونية مؤمنة تدمج في ملفات القضايا.

وفي سياق متصل، طالت عملية العصرية مهام الضبطية القضائية في مرحلة التحري، إذ أجازت المادة 26 ق.إ.ج.ج²، استقبال الشكاوى عبر الوسائط الإلكترونية، وألزمت المادة 27 ق.إ.ج.ج³، بضرورة تدوين الهويات الرقمية للأطراف في المحاضر الرسمية، كما منحت المادة 20 ق.إ.ج.ج⁴، المحققين صلاحية استخدام الوسائل التقنية الحديثة في إثبات الجرائم ومعاينتها، وهو ما يتسق مع توجه المشرع نحو تعزيز فعالية المتابعة الجزائية من خلال استحداث القطب الجزائي الوطني المتخصص في

¹ القانون رقم 14-25 المؤرخ في 03 أوت 2025، المتضمن قانون الإجراءات الجزائية، الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية العدد 54، الصادرة في 13 أوت 2025.

² المادة 26 من القانون رقم 14-25، المتضمن قانون الإجراءات الجزائية.

³ المادة 27، من القانون رقم 14-25، المرجع نفسه.

⁴ المادة 20، من القانون رقم 14-25، المرجع نفسه.

مكافحة الجرائم المتصلة بتكنولوجيات الإعلام والاتصال طبقا للمادة 335 ق.إ.ج.ج.¹، إضافة إلى أتمتة نظام السوابق القضائية وفق المادة 786 ق.إ.ج.ج.²، وتفعيل الإنابة القضائية الإلكترونية بين الجهات المختصة.

وعلى الرغم من إقرار هذه القواعد الرقمية، فإن توظيف النتائج المستخلصة من تكنولوجيا الصغائر (النانو) كدليل في الخصومة الجنائية يفرض ضرورة مراجعة الكيفية التي تتعامل بها جهات القضاء والضبطية القضائية مع هذا النوع من الأدلة غير التقليدية، وتبرز هنا إشكالية قانونية تتمثل في مدى قدرة القواعد الإجرائية الحالية على استيعاب خصوصية الدليل العلمي النانوي وتطبيقه على إجراءات الدعوى العمومية، وتظهر أبعاد هذه الإشكالية بوضوح عند دراسة الفروع التالية:

الفرع الأول: القوة الإثباتية للدليل التقني والنانوي

لم يعد الإثبات الجنائي في ظل التعديلات الأخيرة حبيس الوسائل المادية التقليدية، بل انتقل نحو "الانفتاح التقني الشامل" الذي جسده المادة 349 ق.إ.ج.ج.³، والتي تمنح القاضي سلطة بناء قناعته الوجدانية استنادا إلى أدلة مستخلصة من معالجات معلوماتية وإلكترونية دقيقة. وفي هذا الإطار، يبرز الدليل النانوي المستخرج عبر المجاهر الإلكترونية الماسحة "SEM" أو المستشعرات الذكية كبينة تتمتع بيقين رياضي مرتفع، كونه يستند إلى حقائق مادية مجهرية تتجاوز نطاق الشك المعقول الذي قد يشوب الأدلة القولية أو المادية الكلاسيكية.

ومع ذلك، يصطدم هذا اليقين العلمي بالمادة 350 من القانون ذاته⁴، والتي تركز على مبدأ الاقتناع الشخصي للقاضي، مما يخلق فجوة معرفية بين "الحقيقة العلمية الذرية" المعقدة و"الحقيقة القضائية" المنشودة، وتقتضي الضرورة القانونية هنا مواءمة السلطة التقديرية للقضاء مع دقة النتائج النانوية، بحيث لا يستبعد الدليل لمجرد غموضه التقني، بل يتم إخضاعه لمناقشة حضورية علنية تضمن شفافية المصدر وسلامة التحليل المخبري، ويفرض هذا التوجه صياغة التقارير الجنائية بلغة "قانونية-تقنية" رصينة، تمكن هيئة المحكمة من استيعاب القيمة الإثباتية للمادة في أبعادها الصغرى، بما يضمن دحض القرائن الضعيفة وتحويل المعطى العلمي إلى حقيقة قانونية دامغة، وهو ما يتضح من خلال تحليل النقاط الآتية:

أولاً: الطبيعة القانونية للدليل النانوي وآليات قبوله أمام القضاء الجنائي

تحدد الطبيعة القانونية للدليل المستمد من المادة في أبعادها الذرية باعتباره "دليل علمي تقني" ناشئ عن خبرة فنية متخصصة، حيث يتجاوز في جوهره مفهوم المعاينة المادية البسيطة ليدخل في نطاق التحليل المخبري الدقيق، ويستمد هذا الدليل مشروعيته في القانون الجزائري من مبدأ "حرية الإثبات" وتكريس "الانفتاح التقني" الذي تضمنه القانون 14-25، إذ يصنف كدليل فني يقيني متى استوفى الشروط

¹ المادة 335، من القانون رقم 14-25، المرجع السابق.

² المادة 786، من القانون رقم 14-25، المرجع نفسه.

³ المادة 349، من القانون رقم 14-25، المرجع نفسه.

⁴ المادة 350، من القانون رقم 14-25، المرجع نفسه.

العلمية؛ ولضمان قبوله أمام المحاكم الجنائية، اشترط المشرع ضرورة صدور هذا الدليل عن جهات مخبرية معتمدة قانوناً، مع وجوب خضوعه لمبدأ الوجاهية والمناقشة الحضورية، بحيث لا يفرض على المحكمة كحقيقة مطلقة بل كبينة تقنية تخضع للفحص والتمحيص من قبل أطراف الدعوى¹.

ثانياً: كفاية النصوص الإجرائية في ضبط معاينة وتفتيش المواد النانوية

يشير التعامل الميداني مع المواد النانوية تساؤلات حول مدى استيعاب النصوص الإجرائية المستحدثة، لا سيما المادة 4/20 ق.إ.ج.ج، لخصوصية هذه المواد التي تتسم بالحساسية الفائقة وسهولة التلوث أو التلاشي، ورغم أن المشرع منح الضبطية القضائية صلاحية استخدام الأجهزة التقنية لمعاينة الجرائم، إلا أن ضبط المواد المتناهية الصغر يفرض بروتوكولات قانونية تتجاوز إجراءات التفتيش التقليدية؛ فالنصوص الحالية تضع الإطار العام، لكنها تستلزم تكامل الصلاحيات الإجرائية مع القواعد الفنية لضمان عدم بطلان الإجراء، وذلك عبر توثيق سلسلة الحياة رقمياً منذ لحظة الرفع من مسرح الجريمة وحتى وصولها للمخبر، لضمان الحفاظ على الخصائص الذرية للمادة المحجوزة من أي تغيير قد يعيب القوة القانونية للدليل².

ثالثاً: نطاق القاضي في تقدير وترجيح الدليل النانوي

يحتفظ القاضي الجنائي في نطاق صلاحياته في تقدير الدليل النانوي استناداً إلى مبدأ الاقتناع الشخصي المكرس في المادة 350 ق.إ.ج.ج، غير أن هذا النطاق يتقيد بالمنطق العلمي السليم؛ فعند تعارض الدليل النانوي مع وسائل إثبات كلاسيكية كشهادة الشهود، تبرز القوة الاستدلالية لليقين الرياضي الذي يقدمه العلم الذري كمرجح تقني يحد من عيوب الأدلة القولية، وتحدد معايير المفاضلة هنا بمدى مطابقة الدليل للقانون، وسلامة الوسائل التقنية المستخدمة في استخراجها، وقدرته على تقديم تفسير جازم للواقعة الإجرامية؛ وبناء عليه، يلتزم القاضي بتسبيب حكمه عند ترجيح هذا الدليل، مع مراعاة موازنة النتائج العلمية مع ضمانات المحاكمة العادلة، بما يضمن عدم طغيان سلطة الخبير على سلطة القاضي في الفصل في الدعوى العمومية³.

الفرع الثاني: نظام الخبرة العلمية عالية الدقة وضوابط المعايرة

تستوجب الطبيعة الحساسة للأدلة النانوية الانتقال من نموذج الخبرة التقليدية إلى نظام خبرة علمية عالية الدقة يرتكز على معايير تقنية صارمة، لضمان تحويل المعطيات المخبرية المجهرية إلى أدلة قضائية يقينية، ويخضع هذا النظام للقواعد القانونية والتقنية التالية:

¹ نور الدين لعراية، الدليل العلمي في المواد الجنائية ومدى حجته في الإثبات، ط1، دار الهدى، الجزائر، 2021، ص 112 وما بعدها.

² منى كامل تركي، المرجع السابق، ص.51.

³ عمر عبد المجيد مصبح، المرجع السابق، ص.66.

أولاً: المسؤولية الإجرائية للخبير في ضمان التكامل المادي للعينة

تخضع المادة 356 ق.إ.ج.ج، المسائل التقنية لضوابط الخبرة المنصوص عليها في المواد من 239 إلى 252 ق.إ.ج.ج، وهي نصوص تفرض التزامات قانونية مشددة عند التعامل مع الجسيمات النانوية المتسمة بعدم الاستقرار الكيميائي؛ إذ يلتزم الخبير الجنائي قانوناً باتخاذ كافة التدابير الوقائية التي تضمن الحفاظ على السلامة المجهريّة للعينة وحمايتها من العوامل البيئية المحيطة التي قد تسبب تلوثاً إشعاعياً أو تفاعلاً كيميائياً يفقدها قيمتها الإثباتية؛ ويتطلب هذا الالتزام اتباع بروتوكولات عزل وفحص متطورة تمنع تحلل المادة أثناء مراحل التحليل، مع ضرورة توثيق كل إجراء تقني في تقرير الخبرة لضمان شفافية العملية العلمية وتوافقها مع الأصول القانونية للضبط¹.

ثانياً: الحجية القانونية المستمدة من المعايير الوطنية والقياس القانوني

يرتبط قبول الدليل النانوي ارتباطاً وثيقاً بمدى الالتزام بالقانون رقم 17-09 المتعلق بالنظام الوطني للقياس²، الذي يهدف إلى توحيد القياسات وضمان مصداقيتها وربطها بالنظام الدولي للوحدات³ "SI"، إذ يمنع النظام القضائي الاعتداد بالنتائج المخبرية ما لم تثبت المحاضر خضوع أجهزة القياس كالمجهر الإلكتروني الماسح مثلاً، لعمليات "القياس القانونية" والمعايرة الدورية التي تضمن دقة النتائج بوحدة النانومتر⁴، ويتجسد هذا الالتزام من خلال مهام الهيئة الوطنية للقياس المنشأة بموجب المرسوم التنفيذي رقم 24-276⁵، والموكل إليها ضمان مصداقية أدوات القياس عبر الرقابة التقنية الصارمة⁶، وبناء على ذلك، يتجاوز العمل بهذا النظام نطاق الخبرة الفردية المحدودة ليتبنى مفهوم "الخبرة المؤسسية المشتركة" التي تضمن مطابقة المخرجات العلمية للمعايير الوطنية والدولية، وهو ما يضيف صبغة الشرعية التقنية على المحاضر المحررة وفق المادة 351 ق.إ.ج.ج⁷، ويحصنها من الدفع والطعون الإجرائية المتعلقة باحتمالات الخطأ في القياس أو القصور الفني في المعاينة.

ثالثاً: الرقابة القضائية على التقارير المخبرية والاعتماد التقني

يمتد الدور الرقابي للقضاء ليشمل التحقق من كفاءة المخابر القائمة على استخلاص الدليل النانوي، حيث يشترط القانون أن يتمتع المختبر بالاعتماد الرسمي الذي يخول له تقديم تقارير فنية ذات

¹Mohamed BESSAS, la preuve scientifique et sa réception dans le procès pénal en droit Algérien, Diplôme d'université en criminalistique, Département universitaire de médecine légale et droit médical, université René Descartes, Paris, France, A.U 2004 – 2005, p.90.

² المادة الأولى من القانون رقم 17-09 المؤرخ في 27 مارس 2017، المتعلق بالنظام الوطني للقياس، ج.ر.ج.ج، العدد 21، الصادرة في 2 أبريل 2017.

³ المادة 2 من القانون رقم 17-09، المرجع نفسه.

⁴ المادة 5 (الفقرة 6 والفقرة 21) من القانون رقم 17-09، المرجع نفسه.

⁵ المادة الأولى من المرسوم التنفيذي رقم 24-276 المؤرخ في 13 أوت 2024، يحدد مهام الهيئة الوطنية للقياس وتنظيمها وسيرها، ج.ر.ج.ج، العدد 57، الصادرة في 21 أوت 2024.

⁶ المادة 4/2، من المرسوم التنفيذي رقم 24-276، المرجع نفسه.

⁷ المادة 350، من القانون رقم 25-14، المرجع السابق.

حجية أمام المحاكم، وتتجسد هذه الرقابة في فحص منهجية القياس المتبعة ومدى توافقها مع القواعد العلمية الحديثة، لضمان عدم انفراد الخبير بالحقيقة القضائية، بل جعل التقرير التقني خاضعاً لسلطة المحكمة في التمهيص والموازنة؛ فيموجب هذا التكامل بين النص القانوني والبروتوكول العلمي، يتحول الدليل النانوي من مجرد بيانات صماء إلى حجة قانونية قاطعة تسهم في تكوين العقيدة القضائية بيقين يتجاوز حدود الشك¹.

الفرع الثالث: مشروعية الدليل والخصوصية الجسدية

نقر المادة الأولى من القانون رقم 03-16 المتعلق باستعمال البصمة الوراثية²، مبدأ حرمة جسد الإنسان وكرامته، كقاعدة آمرة في المنظومة الجزائية، وتطرح تقنيات الفحص النانوي إشكالات إجرائية نظراً لقدرتها على نفاذ المسام والتعامل مع السوائل الحيوية بتركيزات متناهية الصغر، مما يستوجب رسم حدود قانونية دقيقة لعمليات التفتيش الجسدي المجري استناداً إلى المعايير الوطنية للقياس³، وكيف استخدام الجسيمات النانوية للكشف عن السموم أو الآثار الجرمية داخل الجسم دون موافقة المتهم الصريحة بكونه اعتداء على السلامة الجسدية، الأمر الذي يترتب عليه استبعاد الدليل لمخالفته ضمانات الحماية الجسدية المقررة دستورياً⁴.

ومن ثم، يستوجب العمل القضائي الموازنة بين صلاحيات الضبطية القضائية في إجراء المعاينات التقنية المقررة في قانون الإجراءات الجزائية، وبين الحقوق التي تحمي الذات البشرية من أي اختراق تقني غير مشروع، ويتقضي "الخصوصية البيولوجية" وضع ضوابط إجرائية تمنع استغلال هذه التكنولوجيا في النفاذ إلى المعطيات الجينية أو الأسرار الصحية للمتهم التي لا تتصل بالجريمة محل التحقيق، وبناء عليه، يتقيد البحث عن الحقيقة بوجوب صيانة حرمة الجسدية لضمان توافق الإجراءات العلمية مع معايير المحاكمة العادلة⁵.

المطلب الثاني: الدور المؤسسي لمركز تنمية التكنولوجيات المتطورة واستراتيجية التوطين

يضطلع مركز تنمية التكنولوجيات المتطورة، بمهمة توطين تكنولوجيا الصغائر في الجزائر، حيث يعمل على سد الفجوة بين البحث التطبيقي والممارسة الجنائية لضمان السيادة التقنية في منظومة العدالة، وتتجسد هذه الموثوقية من خلال البنية التحتية المتطورة والالتزام بالضوابط الأخلاقية والمهنية وفق الفروع الآتية:

¹ محمد بساس، المرجع السابق، ص. 138.

² المادة الأولى من القانون رقم 03-16 المؤرخ في 16 جوان 2016، يتعلق باستعمال البصمة الوراثية في الإجراءات القضائية والتعرف على الأشخاص، ج.ر.ج.ج، العدد 37، الصادرة بتاريخ 22 جوان 2016.

³ المادة 2 من القانون رقم 09-17، المرجع السابق.

⁴ المادة 44 من التعديل الدستوري للجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية، المنشور بموجب المرسوم الرئاسي رقم 20-442 المؤرخ في 30 ديسمبر 2020، يتعلق بإصدار نص تعديل الدستور، المصادق عليه في استفتاء الأول نوفمبر سنة 2020، ج.ر.ج.ج، العدد 82، الصادرة في 30 ديسمبر 2020.

⁵ Mohamed BESSAS, Op.cit, p.120.

الفرع الأول: الموثوقية المخبرية وضمان سلامة عينة النانو

يوفر المركز منصات تكنولوجية متخصصة، تأتي في مقدمتها "الغرفة البيضاء" المصممة لعزل الملوثات الجوية، مما يكفل الحفاظ على "صلاحية العينة النانوية" ويمنع تداخل الجزيئات التي قد تؤدي إلى تضليل العدالة، ويحقق الاعتماد على هذه الحلول التقنية المحلية صدق النتائج وفق المقتضيات الإجرائية للمادة 352 ق.إ.ج.ج، ويحد من "التبعية البرمجية" للأجهزة المستوردة التي قد تتضمن ثغرات تقنية تسمح بالتلاعب بالبيانات الرقمية للأدلة.

وعلى صعيد مواز، تطرح المواد النانوية المستخدمة في كشف الآثار، كمساحيق البصمات، إشكالات تتعلق باحتمالية تفاعلها مع الحمض النووي منقوص الأكسجين "DNA" وتشويه خصائصه، مما يستوجب إخضاع هذه المواد والممارسات البحثية لرقابة صارمة تتماشى مع أحكام القانون رقم 15-21 المتضمن القانون التوجيهي حول البحث العلمي والتطوير التكنولوجي¹؛ إذ يفرض هذا القانون إطاراً لضبط وتوجيه الابتكارات التقنية بما يخدم الأمن الوطني والتنمية، ويهدف هذا الالتزام إلى ضمان الخمول الكيميائي للمواد المستخدمة وعدم تأثيرها على الفحوصات الجينية اللاحقة، تقيداً بالواجب القانوني الذي تفرضه أصول المحاكمة العادلة لضمان عدم ضياع الحقيقة العلمية التي ينشدها القاضي عبر الانتقالات اللازمة لإظهار الحقيقة وفق المادة 372 ق.إ.ج.ج.

الفرع الثاني: تطوير الكواشف النانوية الذكية واستشراف نموذج القاضي التقني

يعمل المركز على تطوير الكواشف النانوية الذكية "Nanosensors" وحساسات ذكية لرصد المتفجرات والمواد المحظورة بتركيزات ضئيلة، الأمر الذي يكفل للقضاء استقلالية في عملية الإثبات الجنائي، وتجسد هذه الابتكارات مفهوم "التجمع البحثي" الوارد في المادة 5 من مرسوم إنشاء المركز، بما يسهم في تعزيز قناعة القاضي بالدليل كونه نتاج بيئة بحثية وطنية خاضعة للمعايرة القانونية والرقابة الفنية. وتكتمل هذه الرؤية من خلال اقتراح استراتيجية وطنية تركز على استحداث "دوائر قضائية متخصصة" تضم قضاة تم تكوينهم بالتعاون مع المركز بموجب المادة 19 من القانون 15-03 المتعلق بعصرنة العدالة²، ويهدف هذا التكوين إلى إعداد "القاضي التقني" القادر على مناقشة الخبراء في منطق الخوارزميات النانوية، وهو ما يحول دون تحول المحاكمة إلى مجرد تصديق آلي على مخرجات الأجهزة التقنية، وتضمن خارطة الطريق هذه تحقيق عدالة مستدامة توفق بين سرعة التطور التكنولوجي وصرامة الضمانات القانونية، بما يكفل الأمن القضائي والسيادة المعلوماتية للدولة في التعامل مع الأدلة الذرية.

¹ القانون رقم 15-21 المؤرخ في 30 ديسمبر 2015، يتضمن القانون التوجيهي حول البحث العلمي والتطوير التكنولوجي، ج.ر.ج.ج، العدد 71، الصادرة في 30 ديسمبر 2015، المعدل والمتمم بموجب القانون رقم 20-02 المؤرخ في 30 مارس 2020، ج.ر.ج.ج، العدد 20، الصادرة في 05 أبريل 2020.

² القانون رقم 15-03 المؤرخ في 01 فبراير 2015، يتعلق بعصرنة العدالة، ج.ر.ج.ج، العدد 6، الصادرة بتاريخ 10 فبراير 2015.

الخاتمة

يجسد دمج تقنية النانو في العمل القضائي الجزائري استجابة حتمية للتطورات العلمية المتسارعة، حيث تمنح هذه التكنولوجيا أجهزة العدالة قدرات استقصائية فائقة تساهم في كشف الحقائق الغامضة بدقة مخبرية قاطعة، ويستلزم هذا التحول مواءمة مستمرة بين صرامة النص القانوني ودقة المنجز العلمي، لضمان تسخير هذه الثورة المجهريّة في خدمة الحقيقة وحماية الحقوق والحريات في آن واحد، بما يعزز من هيبة القضاء وثقة المتقاضين في أحكامه المبنية على أسس علمية لا تقبل التأويل. وأفضى هذا البحث، عبر التعمق في القواعد الإجرائية والوقوف على الإمكانيات التقنية لمركز تنمية التكنولوجيات المتطورة، إلى صياغة مجموعة من النتائج التي تترجم واقع العدالة الجنائية في عصر المادة المتناهية، والتي نوردها مشفوعة بمقترحات عملية كفيلة بتجويد المنظومة القانونية، وذلك وفق التفصيل الآتي:

النتائج

- يؤصل استخدام تقنية النانو لمنهجية جديدة في الإثبات الجنائي تعتمد على الدليل الذري، مما يسمح بتجاوز قصور الأدلة التقليدية في التعامل مع الآثار النزرة والمجهريّة، ويحول الأثر غير المرئي إلى بيئة مادية ذات ثقل إثباتي قاطع؛
- يوفر النظام القانوني الجزائري، لا سيما من خلال القانون 14-25، بيئة تشريعية مرنة تسمح باستيعاب المخرجات التقنية الحديثة تحت مظلة مبدأ حرية الإثبات والاقتناع الوجداني للقاضي، دون الإخلال بضمانات المحاكمة العادلة؛
- يضمن مركز تنمية التكنولوجيات المتطورة السيادة التقنية للدولة، حيث يمثل الركيزة الأساسية لمعايرة الأجهزة وتوفير الخبرة العلمية الوطنية التي تحصن القرار القضائي من التبعية للمخابر الأجنبية، ويحقق الاكتفاء التقني في مجال القياسة والتحليل النانوي؛
- تؤدي الدقة المتناهية للمستشعرات والمجاهر النانوية إلى رفع درجة اليقين القضائي؛ إذ يتقلص هامش الخطأ البشري في تقدير الأدلة المادية، مما يحقق النجاح الإجرائية في مكافحة الجرائم المستحدثة والمنظمة التي يعجز الفحص الكلاسيكي عن تتبع مساراتها الجزيئية.

الاقتراحات

- بناءً على النتائج المذكورة، ومن أجل سد الثغرات القانونية والعملية التي قد تعيق الانتقال السلس لهذا الدليل من المختبر إلى قاعة المحكمة، يقترح الآتي:
- يتعين على المشرع الجزائري إفراد نصوص إجرائية خاصة تنظم سلسلة الحياة الرقمية والمجهريّة للأدلة النانوية؛ لضمان حمايتها من التلوث أو التلاشي منذ لحظة رفعها من مسرح الجريمة إلى غاية تقديمها أمام القضاء، مع تحديد بروتوكولات فنية ملزمة للضبطية القضائية؛

- يجب تفعيل التنسيق المؤسسي بين وزارة العدل مركز تنمية التكنولوجيات المتطورة لإنشاء مخابر جنائية نانوية متخصصة ومعتمدة، تخضع لنظام القياسة القانونية والمعايير الوطنية التي حددها القانون 09-17، بما يضمن حجية التقارير الفنية أمام الدفوع القانونية؛
- ينبغي إدراج مقاييس "العدالة الرقمية والتقنيات المتطورة" ضمن برامج تكوين القضاة ومساعدتي العدالة في المدرسة العليا للقضاء؛ بهدف إرساء دعائم "القاضي التقني" القادر على مناقشة التقارير المخبرية المعقدة وفهم دلالاتها العلمية قبل إسباغ القيمة القانونية عليها؛
- يستوجب وضع ميثاق أخلاقي يضبط استخدام تكنولوجيا النانو في الفحوصات الجسدية، بما يضمن عدم المساس بالخصوصية البيولوجية أو السلامة الجسدية للأفراد خارج الأطر القانونية الصارمة، صونا للكرامة الإنسانية من أي اختراق تقني غير مبرر.

قائمة المصادر والمراجع

أولا: المراجع باللغة العربية

1- الدستور

- التعديل الدستوري للجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية، المنشور بموجب المرسوم الرئاسي رقم 20-442 المؤرخ في 30 ديسمبر 2020، يتعلق بإصدار نص تعديل الدستور، المصادق عليه في استفتاء الأول نوفمبر سنة 2020، ج.ر.ج.ج، العدد 82، الصادرة في 30 ديسمبر 2020.

2- النصوص القانونية والمراسيم التنفيذية

- القانون رقم 15-03 المؤرخ في 01 فبراير 2015، يتعلق بعصرنة العدالة، ج.ر.ج.ج، العدد 6، الصادرة بتاريخ 10 فبراير 2015.
- القانون رقم 15-21 المؤرخ في 30 ديسمبر 2015، يتضمن القانون التوجيهي حول البحث العلمي والتطوير التكنولوجي، ج.ر.ج.ج، العدد 71، الصادر في 30 ديسمبر 2015، المعدل والمتمم بموجب القانون رقم 20-02 المؤرخ في 30 مارس 2020، ج.ر.ج.ج، العدد 20.
- القانون رقم 16-03 المؤرخ في 16 جوان 2016، يتعلق باستعمال البصمة الوراثية في الإجراءات القضائية والتعرف على الأشخاص، ج.ر.ج.ج، العدد 37، الصادرة بتاريخ 22 جوان 2016.
- القانون رقم 17-09 المؤرخ في 27 مارس 2017، المتعلق بالنظام الوطني للقياسة، ج.ر.ج.ج، العدد 21، الصادرة في 2 أبريل 2017.
- القانون رقم 25-14 المؤرخ في 03 أوت 2025، المتضمن قانون الإجراءات الجزائية، الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية العدد 54، الصادرة في 13 أوت 2025.
- المرسوم التنفيذي رقم 24-276 المؤرخ في 13 أوت 2024، يحدد مهام الهيئة الوطنية للقياسة وتنظيمها وسيرها، ج.ر.ج.ج، العدد 57، الصادرة في 21 أوت 2024.

3- الكتب

- محمد بساس، الإثبات الجزائي بالأدلة العلمية في القانون الجزائري، ط2، مؤسسة الكتاب القانوني، بومرداس، الجزائر، 2025.
- نور الدين لعراية، الدليل العلمي في المواد الجنائية ومدى حجته في الإثبات، ط1، دار الهدى، الجزائر، 2021.

4- المقالات العلمية

- جدوي سيدي محمد أمين، النانو تكنولوجي ودوره في الإثبات الجنائي، مجلة إيليزا للبحوث والدراسات، المركز الجامعي إيليزي، الجزائر، المجلد 08، العدد 01، 2023.

- سجاد علي سلمان، فعالية تكنولوجيا النانو في كشف الجريمة وإثباتها، مجلة كلية الإسرء الجامعة للعلوم الاجتماعية والإنسانية، المجلد 5، العدد 10، 2023.
 - عمر عبد المجيد مصبح، دور بقع الدم في اكتشاف وإثبات الجرائم من خلال تقنية النانو، المجلة العربية للدراسات الأمنية والتدريب، جامعة نايف العربية للعلوم الأمنية، المجلد 30، العدد 61، ديسمبر 2014.
 - محمد بن عتيق الدوسري، التقنية متناهية الصغر (النانو)، مجلة الأمن والحياة، جامعة نايف العربية للعلوم الأمنية، الرياض، المملكة العربية السعودية، العدد 358، 2013.
 - محمود محمد عبد العظيم سويف، دور بصمة الذاكرة في الإثبات الجنائي، مجلة روح القوانين، كلية الحقوق، جامعة طنطا، مصر، العدد 111، 2025.
 - منى كامل تركي، دور تكنولوجيا النانو في الكشف عن الجريمة وحجيتها كدليل أمام القضاء، مجلة القانون والأعمال الدولية، سلسلة الأبحاث الجامعية والأكاديمية، العدد 33، سبتمبر 2020.
- 5- المداخلات والمؤتمرات**
- حمزة قده، إيمان كحيط، توظيف تطبيقات الذكاء الاصطناعي في مكافحة الجرائم الإلكترونية، ورقة مقدمة للمؤتمر العلمي الدولي الثالث (التكنولوجيا الرقمية من التأسيس إلى الابتكار)، جامعة أم القيوين، الإمارات، ديسمبر 2022.

ثانيا: المراجع باللغة الأجنبية

1. Books

- Dupas HAEBERLIN et Autres, Nanosciences et nanotechnologies Evolution ou revolution?, Imprimerie de France, Paris, 2014.
- Mustafa Ersöz et al., Nanotechnology 2: Characterization and Applications, Uninano Project, Selçuk University, Turkey, 2016.
- Umera ZAIB, Jamshed IQBAL, Importance & Applications of Nanotechnology, MedDocs Publishers LLC, Pakistan, 2019.

2. Academic Articles & Journals

- Asmith K. SONI, Roshan K. JHA, Nanotechnology's Applications and Potential in Various Fields, Cureus, India, 2024.
- European Food Safety Authority (EFSA), Guidance on risk assessment of the application of nanoscience and nanotechnologies in the food and feed chain, EFSA Journal, Vol. 9, Issue 5, 2011.
- Mini NAMDEO, Magnetite Nanoparticles as Effective Adsorbent for Water Purification-A Review, Advances in Recycling & Waste Management, Indian Institute of Technology Roorkee, India, 2017.
- Shariat MOBASSER, Ali Akbar Firoozi, Review of Nanotechnology Applications in Science and Engineering, Journal of Civil Engineering and Urbanism, Universiti Kebangsaan Malaysia, Malaysia, 2016.
- Yuan-Jyue Chen et al., DNA nanotechnology from the test tube to the cell, Nature Nanotechnology, Macmillan Publishers Limited, USA, 2015.
- Yuqi HUANG et al., Important applications of DNA nanotechnology combined with CRISPR/Cas systems in biotechnology, Royal Society of Chemistry (RSC Advances), UK, 2025.

3. Reports

- Bruce MCCORD, Nanotechnology and its Potential in Forensic DNA Analysis, International Forensic Research Institute, Florida International University, Miami, USA, 2006.
- Vietnam Environment Administration, Report on Assessment of current state and trend of research and application of nanotechnology and nanosafety in Vietnam, Pollution Control Department, Hanoi, Vietnam, 2015.

4. Theses

- Mohamed BESSAS, la preuve scientifique et sa réception dans le procès pénal en droit Algérien, Diplôme d'université en criminalistique, Département universitaire de médecine légale et droit médical, université René Descartes, Paris, France, A.U 2004 – 2005.