DIGITAL LIFE & TECHNOLOGY مجلة الحياة الرقمية والتكنولوجيا
DIGITAL LIFE & TECHNOLOGY
Issued by: Digital Al-Jazari for Artificial Intelligence and Research Innovation ISSN: 3104-378X (Print) تصدر عن: الجزري الرقمي للذكاء الاصطناعي والابتكار البحثي
Volume (2) Issue (1) . August 2025 المجلد (2) العدد (1) أغسطس 2025

# الجزري: إرث هندسي شامل بين التاريخ الإسلامي والنمذجة الآلية والفكر العلمي المعاصر

# Al-Jazari: A Comprehensive Engineering Legacy Between Islamic History, Mechanical Modeling, and Contemporary Scientific Thought

الأستاذ الدكتور أحمد النعيمي

جامعة البلقاء التطبيقية/ الأردن

Email: ahmad.nuaimi@bau.edu.jo

Tel: 00962 792034285

**الملخص**

يتناول هذا البحث الإرث الهندسي والعلمي لبديع الزمان الجزري من منظور تكاملي يجمع بين السياق التاريخي والتحليل الميكانيكي والفهم الرمزي، إضافة إلى مقارنته بتقنيات الروبوتات المعاصرة. يكشف البحث أن الجزري لم يكن مجرد مخترع ميكانيكي، بل مهندس رائد جمع بين الدقة العلمية والإبداع الرمزي، وأسّس لمفاهيم التحكم الذاتي والنمذجة الحركية قبل قرون من ظهور الهندسة الميكانيكية الحديثة. يستعرض البحث أبرز آلاته وتصميماته، ويحلل أبعادها الوظيفية والجمالية، ثم يقترح سبلًا معاصرة لاستلهام فكره في مجالات التعليم، والابتكار، والهندسة المتقدمة. ومن خلال مناهج تحليلية متعدّدة، يبرهن البحث على أن الجزري يمثل حلقة وصل معرفية عميقة بين الحضارة الإسلامية والعلوم المعاصرة، ويستحق مكانته كمُلهم في عالم ما بعد الرقمنة.

**الكلمات المفتاحية**: الجزري، التراث العلمي الإسلامي، الهندسة الميكانيكية، الأتمتة، الروبوتات، التعليم الهندسي.

## Abstract

This study explores the engineering and scientific legacy of Badiʿ al-Zaman al-Jazari through an integrative lens that combines historical context, mechanical analysis, symbolic interpretation, and comparison with modern robotics. The research reveals that al-Jazari was not merely a mechanical inventor, but a pioneering engineer who fused scientific precision with symbolic creativity, laying the groundwork for concepts such as automation and motion modeling centuries before the rise of modern mechanical engineering. The study presents his most notable machines and designs, analyzes their functional and aesthetic dimensions, and proposes contemporary applications of his thought in education, innovation, and advanced engineering. Through multiple analytical approaches, the research demonstrates that al-Jazari serves as a profound epistemological bridge between Islamic civilization

and contemporary science—and deserves recognition as an enduring source of inspiration in the digital age.

**Keywords:** Al-Jazari, Islamic scientific heritage, mechanical engineering, automation, robotics, engineering education.

**المقدمة**

يمثل بديع الزمان الجزري (1136–1206م) أحد أعلام الحضارة الإسلامية الذين أسهموا في تشكيل الأسس الأولى للعلم الهندسي والميكانيكي كما نعرفه اليوم. وُلد الجزري في منطقة الجزيرة الفراتية، وعمل مهندسًا ومخترعًا في بلاط بني أرتق بديار بكر، حيث أُتيح له المجال لتطوير نماذج وآلات تُعدّ من أروع ما أبدعه الخيال الهندسي في العصور الوسطى. وقد تجسّد نتاجه الفكري والتقني في مؤلفه الشهير **"الجامع بين العلم والعمل النافع في صناعة الحيل"**، الذي يُعدّ بحق موسوعة علمية سبقت عصرها، وجمعت بين الملاحظة الدقيقة، والرؤية الرياضية، والتصميم الميكانيكي الدقيق، بالإضافة إلى الحس الجمالي والرمزي الفريد.

لم يكن الجزري مجرد تقني أو "صانع حيل" بالمفهوم التقليدي، بل كان مهندسًا مبدعًا سعى إلى فهم الطبيعة ومحاكاتها من خلال أنظمة ميكانيكية ذكية تمزج بين الفيزياء والهندسة والرياضيات. وقد عكست آلاته، التي شملت المضخات، والساعات المائية، والآلات الموسيقية، وروبوتات تقديم المشروبات، مستوى مذهلًا من التعقيد، يضاهي بل ويتفوّق في بعض جوانبه على ما توصّل إليه المهندسون الغربيون بعد قرون.

لقد سبقت أفكار الجزري كثيرًا من المفاهيم الحديثة، مثل مفهوم "التحكم الذاتي" ((self-regulation، والبرمجة الميكانيكية ((mechanical programming، والأنظمة الذكية، الأمر الذي جعل بعض الباحثين الغربيين يصفونه بأنه "أب الروبوتات"، وأن اختراعاته تشكّل نقطة تحول حقيقية في تاريخ التكنولوجيا.

في ظلّ ما يشهده العالم اليوم من تطورات متسارعة في مجالات الذكاء الاصطناعي، والأتمتة، والروبوتات الحيوية، تزداد الحاجة إلى إعادة قراءة هذا الإرث العلمي العريق بمنهج معاصر، لا بهدف تمجيده فحسب، بل لاستخلاص المفاهيم التي لا تزال حيوية وقابلة للتطوير والتطبيق. إن فهمنا لإسهامات الجزري من منظور شامل — تاريخي، علمي، هندسي، فلسفي — لا يُسهم فقط في إنصاف هذا العقل المبدع، بل يعيد وصل الحاضر بجذوره الحضارية ويحفّز على توليد معرفة جديدة تستند إلى تجربة أصيلة.

من هذا المنطلق، تهدف هذه الدراسة إلى تسليط الضوء على إرث الجزري من خلال تحليل متعدد الأبعاد، يجمع بين التأصيل التاريخي، والتحليل التقني لاختراعاته، والمقارنة مع التطورات الحديثة في علوم الروبوتات، واستكشاف الرمزية الكامنة في تصميماته، وصولًا إلى تقديم رؤية استشرافية حول كيفية توظيف هذا الإرث في تطوير التعليم والهندسة في العالم العربي والإسلامي المعاصر.

**مشكلة البحث**

رغم المكانة العلمية التي يحتلها بديع الزمان الجزري في تاريخ الحضارة الإسلامية، ورغم تعدد الدراسات التي تناولت اختراعاته ومخطوطاته، فإنّ معظم هذه الدراسات جاءت مجزأة ومحدودة النطاق، تركّز على جانبٍ واحدٍ فقط من إرثه — إما في سياقه التاريخي، أو في تحليله الهندسي، أو في بعده الرمزي — دون تقديم معالجة شاملة تُظهر تكامل هذه الجوانب جميعًا. كما أن الغالبية

العظمى من الأبحاث المتوفرة تكتفي بوصف آلات الجزري أو مقارنتها السطحية بتقنيات حديثة، من دون الغوص العميق في بنيتها المفاهيمية أو فلسفتها التصميمية أو استثمارها كمصدر إلهام للتطور التكنولوجي المعاصر.

وتزداد المشكلة وضوحًا في الأوساط البحثية العربية، حيث يغيب مشروع علمي متكامل يعيد قراءة أعمال الجزري برؤية استشرافية تتجاوز التوثيق، نحو التحليل النقدي والمقارنة البنيوية مع منجزات الحاضر في مجالات الذكاء الاصطناعي، والهندسة الميكانيكية، والروبوتات. إن هذا القصور في التناول يُضعف من فرص الاستفادة من هذا الإرث الغني في بناء مشاريع معرفية وتطبيقية حديثة، ويُبقي الجزري حبيس الماضي بدلًا من أن يكون أحد مصادر الإلهام الكبرى للمستقبل.

من هنا تنبع الحاجة إلى بحث علمي يدمج بين الأبعاد التاريخية والهندسية والتقنية والرمزية، ويستكشف موقع الجزري في الخريطة العالمية لتطور الفكر العلمي والهندسي، انطلاقًا من تراثه وصولًا إلى احتمالات توظيفه في نماذج تعليمية وهندسية معاصرة.

**أسئلة البحث**

في إطار معالجة مشكلة البحث وتحقيق أهدافه، تسعى هذه الدراسة إلى الإجابة عن مجموعة من الأسئلة المركزية التي تستهدف الكشف عن أبعاد الإرث العلمي والهندسي لبديع الزمان الجزري، وذلك من خلال ما يلي:

1. ما الخصائص التاريخية والثقافية والمعرفية التي شكّلت البيئة التي ظهر فيها الجزري، وكيف انعكست هذه البيئة على رؤيته العلمية والهندسية؟

2. ما أبرز الآلات والنماذج الميكانيكية التي صمّمها الجزري، وما هي خصائصها التقنية ووظائفها التطبيقية؟

3. إلى أي مدى تتقاطع اختراعات الجزري مع المفاهيم الحديثة في علم الروبوتات والأنظمة الذكية؟

4. كيف تجسّد البعد الرمزي أو الجمالي في تصميمات الجزري، وما الدلالات الفلسفية الكامنة في تلك التصاميم؟

5. ما الإمكانات التي يتيحها فكر الجزري لاستلهامه في تطوير التعليم الهندسي، وتعزيز الابتكار في مجالات التصميم والبرمجة الميكانيكية المعاصرة؟

**أهداف البحث**

يهدف هذا البحث إلى تحقيق مجموعة من الغايات المعرفية والتحليلية التي تسهم في تقديم قراءة متكاملة لإرث بديع الزمان الجزري، وذلك من خلال:

1. توثيق السياق التاريخي والعلمي الذي نشأ فيه الجزري، وبيان ملامح البيئة الفكرية التي أثّرت في منهجه العلمي والهندسي.

2. تحليل النماذج والآلات التي صمّمها الجزري من منظور ميكانيكي–هندسي، مع تفسير بنيتها التقنية وآليات عملها.

3. إجراء مقارنة منهجية بين أفكار وتصاميم الجزري والمفاهيم المعاصرة في علم الروبوتات والأنظمة الذكية.

4. الكشف عن البعد الرمزي والفلسفي الكامن في تصاميم الجزري، وتحليل العلاقة بين الوظيفة الميكانيكية والجمال البصري.

5. اقتراح سبل عملية لاستثمار فكر الجزري في تطوير التعليم الهندسي، وتوظيفه كمصدر إلهام في الابتكار التكنولوجي المعاصر.

**أهمية البحث**

تنبع أهمية هذا البحث من كونه يقدم معالجة تكاملية لإرث بديع الزمان الجزري، تجمع بين الأبعاد التاريخية والهندسية والرمزية والتقنية المعاصرة، بما يخرج الجزري من حيز التقدير التراثي المجرد إلى مجال التوظيف العلمي والنقدي المعاصر. ويسهم هذا التناول في تعزيز الوعي العربي والعالمي بمكانة الجزري ضمن مسار تطور الفكر العلمي والميكانيكي، ويعيد إدراج إنجازاته ضمن المرجعيات الأكاديمية في مجالات الهندسة والروبوتات.

كما يفتح البحث آفاقًا جديدة لتوظيف إرث الجزري في تطوير مناهج التعليم، وتحفيز الابتكار في التصميم الميكانيكي والبرمجة الفيزيائية، خصوصًا في بيئة تشهد تحولات متسارعة نحو الذكاء الاصطناعي والتقنيات الذكية. ويعزز هذا التوظيف من حضور التراث العلمي الإسلامي في الحاضر، بوصفه رافدًا حيويًا للمعرفة وليس مجرد إرث متحفي أو ثقافي.

**منهجية البحث**

ارتكز هذا البحث على مجموعة من المناهج العلمية المتكاملة التي وُظّفت بصورة متوازنة لتحقيق أهداف الدراسة والإجابة عن تساؤلاتها، على النحو الآتي:

1. المنهج التاريخي: اعتمد لدراسة السياق الزمني والاجتماعي والعلمي الذي أبدع فيه الجزري، من خلال تحليل الحقبة التي عاش فيها، وملامح البيئة المعرفية والثقافية التي شكّلت رؤيته العلمية.

2. المنهج الهندسي التحليلي: استُخدم لتحليل النماذج الميكانيكية والآلات التي صمّمها الجزري، من حيث آليات عملها، مكوناتها الهندسية، ووظائفها التقنية، بالاستناد إلى المخطوطات والشروحات المتخصصة.

3. المنهج المقارن: استُخدم لمقارنة منجزات الجزري مع المفاهيم والتقنيات المعاصرة في مجالات الروبوتات والأنظمة الذكية، بهدف إبراز أوجه التقاطع أو التفرّد.

4. المنهج الرمزي–الفلسفي: وُظّف لتحليل الأبعاد الجمالية والرمزية في تصميمات الجزري، واستكشاف القيم المعرفية أو الفلسفية التي قد تتضمنها نماذجه، خصوصًا في العلاقة بين الشكل والوظيفة.

5. المنهج الاستشرافي: استُخدم لصياغة رؤى مستقبلية لتوظيف فكر الجزري في التعليم الهندسي والتقنيات الذكية، من خلال الربط بين ماضيه الإبداعي وفرص الحاضر والمستقبل.

**حدود البحث**

يتقيد هذا البحث بمجموعة من الحدود الموضوعية والمنهجية والزمنية، تم تحديدها لضمان التركيز والدقة في التناول، وهي على النحو التالي:

- الحدود الموضوعية: يركّز البحث على دراسة إرث بديع الزمان الجزري من خلال خمسة أبعاد رئيسة: السياق التاريخي، التحليل الهندسي، المقارنة التقنية، القراءة الرمزية–الفلسفية، والرؤية الاستشرافية. ولا يتناول الجوانب الطبية أو الفقهية أو الأدبية المتعلقة بعصره إلا بقدر ما تخدم تحليل أبعاده الهندسية والعلمية.

- الحدود المنهجية: يعتمد البحث على تحليل النماذج والآلات كما وردت في المخطوطات المتاحة، ويقارنها بالمفاهيم المعاصرة نظريًا، دون تنفيذ نماذج فيزيائية أو محاكاة رقمية فعلية للآلات.

- الحدود الجغرافية–الثقافية: يركّز على تأثير الجزري داخل الحضارة الإسلامية بشكل عام، مع مقارنات انتقائية بمفكرين أو تقنيين من الحضارات الغربية والصينية عند الضرورة التحليلية.

- الحدود الزمنية: يغطي البحث فترة حياة الجزري في القرن السادس الهجري / الثاني عشر الميلادي، ويمتد بالمقارنة إلى التطبيقات التكنولوجية المعاصرة حتى عام 2025.

**الفصل الأول: السياق التاريخي والمعرفي للجزري**

1.1 نشأته وسيرته الذاتية ومكانته في الحضارة الإسلامية

يُعد بديع الزمان أبو العز بن إسماعيل الرزاز الجزري (1136–1206م) أحد أعظم المهندسين والمخترعين في التاريخ الإسلامي، وقد وُلد في مدينة ديار بكر الواقعة في شمال الجزيرة الفراتية، فيما يعرف اليوم بجنوب شرق تركيا. ينتمي الجزري إلى أسرة كانت تمتهن الحِرَف الهندسية، ما وفّر له بيئة أولية مهيّأة لصقل موهبته في فهم الآلات وتطويرها. عمل الجزري رئيسًا للمهندسين في بلاط الأرتقيين، الأسرة الحاكمة في ديار بكر آنذاك، وقد حظي برعاية خاصة من الملك ناصر الدين محمود بن محمد بن قرت أرسلان، الذي شجعه على توثيق أعماله، فدوّن كتابه الشهير: "الجامع بين العلم والعمل النافع في صناعة الحيل" سنة 1206م.

تُبرز سيرته الذاتية مكانته الرفيعة في سلسلة العلماء المسلمين الذين جمعوا بين الخبرة التقنية والدقة العلمية والقدرة على توظيف الخيال في الإبداع الميكانيكي. وقد عبّر هو ذاته عن تواضعه وحرصه على الفائدة بقوله في مقدمة كتابه إنه لم يؤلف كتابه للفخر، بل ليستفيد منه من يأتي بعده. هذه الروح العلمية المتواضعة جعلت من الجزري علمًا يُستشهد به عالميًا عند الحديث عن البدايات الحقيقية للميكانيكا التطبيقية والروبوتات.

1.2 البيئة العلمية والسياسية في ديار بكر والشرق الإسلامي

عاش الجزري في القرن السادس الهجري / الثاني عشر الميلادي، وهي فترة اتسمت بازدهار نسبي للحضارة الإسلامية في بعض المناطق، رغم التحديات السياسية الناتجة عن الحروب الصليبية وتفكك الدولة العباسية. كانت ديار بكر آنذاك تحت حكم الأرتقيين، وهم سلالة تركمانية أظهرت اهتمامًا بالعلوم والفنون، مما خلق مناخًا علميًا مشجعًا على الابتكار والدراسة.

من الناحية الثقافية، كانت هذه المرحلة غنية بالتفاعل بين الحرفيين والعلماء. فقد كان من الشائع أن يُنظر إلى الصنعة على أنها امتداد للعلم، والعكس صحيح. وكانت مكتبات ديار بكر ومدن الشام والموصل تحفل بالمخطوطات الفلكية والطبية والهندسية. وفي هذا السياق، استطاع الجزري أن يستفيد من التراكم المعرفي السابق، من بطليموس إلى بني موسى بن شاكر، ومن أرخميدس إلى الفارابي، ليطوّر رؤية متكاملة تُوظّف علم الميكانيكا لخدمة الإنسان.

كما لعب الاستقرار النسبي في البلاط الأرتقي دورًا حاسمًا في توفير الدعم المالي والمعنوي للعلماء، بخلاف المناطق التي كانت تحت وطأة الصراعات. هذا الاستقرار مكّن الجزري من العمل لعقود ضمن ورشة ملكية واحدة، ما أتاح له تطوير آلات معقدة وتنفيذ نماذج دقيقة على أرض الواقع، وليس فقط على الورق.

1.3 علاقته بالعلماء والحرفيين ورعاة العلوم

من خلال قراءتنا لكتاب الجزري، يتضح أنه كان على تواصل عميق مع تقاليد العلم الإسلامي في مجالات الرياضيات، والهندسة، والفيزياء، وأنه استفاد من تجارب من سبقوه، لا سيما إخوانه في الصنعة من أمثال بني موسى بن شاكر والمهندسين العباسيين. كما تُظهر كتاباته أنه كان يحاور القرّاء المفترضين من المهندسين والعمال، ويضع لهم شروحات مفصلة وصورًا دقيقة تيسّر فهم الآلة وتنفيذها، ما يدل على وعيه بأهمية نقل المعرفة وتعميمها.

كذلك، كانت علاقته بالبلاط الأرتقي أكثر من مجرد وظيفة؛ فقد تحوّلت إلى علاقة رعاية معرفية وثقة متبادلة، يظهر أثرها في الدعم المتواصل الذي تلقّاه لتجريب آلاته وتصويرها وتنقيح أفكاره. هذه العلاقة بين العالم والحاكم تُعد امتدادًا لتراث إسلامي طويل في دعم المعرفة والصناعات الدقيقة، وهي من العوامل التي أسهمت في بروز الجزري كظاهرة علمية استثنائية.

**الفصل الثاني: التحليل الهندسي والميكانيكي لاختراعات الجزري**

2.1 تصنيف آلات الجزري

يمثّل كتاب الجزري موسوعة تطبيقية للهندسة الميكانيكية في العصر الوسيط، حيث عرض فيه ما يقارب الخمسين آلة مبتكرة، يمكن تصنيفها وفقًا لوظيفتها إلى الأنواع الآتية:

- آلات رفع المياه: ومنها المضخات ذات الأسطوانتين المتقابلتين، وعجلة السواقي المحسّنة، وآلة الزنجير والدلاء، التي استُخدمت لري الحدائق أو رفع الماء للأغراض اليومية.

- الساعات المائية والميكانيكية: مثل ساعة الفيل الشهيرة، وساعة القردة، وساعة القبة، والتي دمجت بين الدقة الزمنية والزينة الرمزية والأداء الذاتي.

- الأواني ذاتية التشغيل: أو "أواني الخدمة الذاتية"، مثل الأباريق التي تصب الماء تلقائيًا عند الاقتراب منها، والشموع ذاتية الانطفاء، والتي اعتمدت على مفاهيم الضغط الهيدروليكي والجاذبية والتحكم في التدفق.

- آلات ترفيهية ورمزية: مثل الطيور المغنية أو الآلات التي يتحرك فيها خدم ميكانيكيون يقدمون المشروبات، وقد صممت لتبهر وتسلّي، لكنها في الوقت ذاته تعكس فهمًا متقدّمًا لمبادئ الكينماتيكا.

هذا التصنيف لا يبرز فقط تنوّع استخدامات الجزري، بل يبيّن فهمه المتعمق للوظيفة والمادة والتقنية، واستعداده الدائم للدمج بين الجانب العملي والجمالي.

2.2 شرح آليات العمل والمكونات الميكانيكية

تميّزت آلات الجزري بتوظيف متقدّم لعدة آليات ميكانيكية أصبحت لاحقًا أساسًا للهندسة الحديثة، منها:

- الصمامات والبوابات المتحكَّم بها بالماء أو الهواء

استعمل الجزري صمامات مائية لضبط تدفّق السائل بدقة، وهي تقنيات قريبة من المبادئ الأساسية للدوائر الهيدروليكية الحديثة.

- الضبط الذاتي :(Feedback Control)

في ساعة الفيل وساعة القردة، استخدم نظامًا متكاملًا من الأوزان والعوامات والبوابات لضبط التوقيت بدقة، وهو ما يشبه أنظمة "التحكم التلقائي" المستخدمة في علم التحكم الآلي (.Control Systems)

- التروس والمسننات:

استُخدمت لنقل الحركة وتبديل اتجاهها وتعديل السرعة، بما يعكس إلمامًا بفهم الديناميكا الدورانية.

- الأذرع والتوصيلات والروابط:

استخدمها لتحقيق تتابع معين في الحركة، كما في الآلات التي تقدّم المشروبات أو تُحدث أصواتًا متزامنة مع الزمن.

- العوامات والأثقال:

كانت عناصر أساسية في معظم الآلات، تُمكّن الجهاز من التوازن والاستمرارية، مثلما نرى في الساعات.

هذا التكامل في الآليات يُظهر قدرة الجزري على تمثيل الحركة رياضيًا وتصميم آلات تعمل بتسلسل منتظم، أشبه ببرامج ميكانيكية بدائية.

2.3 تحليل أساليب التصميم والرسم والتنفيذ

اعتمد الجزري في توثيق اختراعاته على أسلوب منهجي يجمع بين الرسم البياني التفصيلي والشرح النصي، ما يجعله من أوائل من استخدم ما يشبه "الهندسة الميكانيكية التوثيقية" في العالم الإسلامي.

- الدقة في الرسم:

صُممت الرسومات على صفحات منفصلة بدقة نسبية تُراعي الأحجام والاتجاهات، كما في الأبواب ذات الحركة المتدرجة أو ساعة الطيور.

- الشرح العملي:

يتبع كل رسم وصفٌ دقيق للمواد المطلوبة، وأسلوب التثبيت، وآلية التشغيل، مما يدل على أن الجزري لم يخاطب النخبة العلمية فحسب، بل وجّه خطابه أيضًا للحرفيين والمهندسين التطبيقيين.

- المزج بين النظرية والتطبيق:

تُبرز أعماله العلاقة الوثيقة بين الفكرة الهندسية والنتيجة العملية. فمثلًا، استخدم مبادئ حفظ الطاقة وتحويل الحركة المستقيمة إلى دائرية، دون التعبير عنها بصيغ رياضية، ولكن بتنفيذ ملموس.

أسلوب الجزري في التصميم يُعد نموذجًا مبكرًا لفكر "الهندسة المتكاملة" التي تجمع بين الخيال، والدقة العلمية، والإنتاج الصناعي.

**الفصل الثالث: الجزري والروبوتات – قراءة مقارنة مع المعاصرة**

3.1 أوجه التشابه مع مبادئ الروبوتات الحديثة

رغم الفارق الزمني الهائل بين اختراعات الجزري وتكنولوجيا الروبوتات المعاصرة، فإن أعماله تحمل بذورًا أولى لمفاهيم تُعد اليوم من ركائز علم الروبوتات، من أبرزها:

- التحكم الآلي Automatic Control

استخدم الجزري أنظمة تحكم ميكانيكية ذاتية تعتمد على الأثقال والعوامات والصمامات لتحديد توقيت الأحداث وتسلسل العمليات. مثال ذلك في ساعة الفيل وساعة القردة، حيث تُضبط الأحداث بدقة عبر آليات مستقلة ذات تغذية راجعة، وهو ما يُعد سلفًا بدائيًا لمفاهيم " "Feedback Control Systemsفي الروبوتات.

- الاستشعار البدائي Primitive Sensing

اعتمدت بعض آلاته على استشعار حسي بسيط لتغيير حالة النظام، كاستشعار مستوى الماء لتفعيل آلية سكب أو تحريك دمية، وهو ما يوازي أجهزة الاستشعار الحديثة ( (Sensorsالتي ترصد تغيرات في البيئة وتستجيب لها.

- البرمجة الفيزيائية Physical Programming

كانت آلاته مبرمجة عبر ترتيب ميكانيكي محدد مسبقًا، بحيث تحدث الاستجابات تلقائيًا عند توفر الشروط، كما في الإبريق الذي يصب الماء حين يقترب شخص منه. هذا يعكس فكرة "البرمجة الميكانيكية" التي تسبق ظهور الدوائر الإلكترونية والبرمجيات الرقمية.

تُظهر هذه النماذج كيف استطاع الجزري، من خلال أدوات عصره، بناء أنظمة وظيفية تعتمد على منطق الحركة المتسلسلة والمشروطة.

3.2 حدود الابتكار في سياق عصره

لا بد في تحليل إسهامات الجزري من مراعاة السياق التاريخي والمعرفي الذي عمل فيه:

- الافتقار إلى أدوات رياضية متقدمة:

لم يكن لدى الجزري أدوات تحليل رياضي كالتي ظهرت لاحقًا في علم الميكانيكا، لكنه عوّض ذلك بذكاء تطبيقي عالي وفهم عملي للزمن والقوة والحركة.

- غياب مصادر طاقة مستقلة:

اقتصرت آلاته على القوى الطبيعية: الجاذبية، المياه، الوزن، ولم تتوفر له الكهرباء أو المحركات، ما جعل أنظمته تعمل ببطء وتعتمد على بيئة تشغيل خاصة.

- الوظيفة الرمزية والتزيينية:

بعض آلاته كانت تُصمم للعرض والتسلية أمام الأمراء والضيوف، لا للإنتاج الصناعي أو المهام الشاقة، مما يضع حدًا لوظائفها مقارنة بالروبوتات الصناعية الحديثة.

مع ذلك، فإن براعة الجزري تكمُن في ابتكاره لأنظمة معقدة ضمن بيئة ذات موارد محدودة، واستباقه لمفاهيم لم تُصَغ بعد نظريًا في زمانه.

3.3 تحليل مقارن بين آلياته وتقنيات اليوم

| البند | الجزري | الروبوتات الحديثة |
| --- | --- | --- |
| آلية التشغيل | مائية – ثقلية – جاذبية | كهربائية – هوائية – هيدروليكية |
| التحكم | تسلسل ميكانيكي فيزيائي | متحكمات رقمية Microcontrollers |
| الاستجابة | فيزيائية مباشرة | برمجية قابلة للتعديل |
| المهام | الترفيه، الوقت، الخدمة البسيطة | الصناعة، الطب، الحوسبة، الذكاء الاصطناعي |
| البرمجة | بترتيب العتاد والوزن | بلغات برمجة متعددة وواجهات ذكية |
| الطاقة | بدون محركات، تعتمد الجاذبية أو تدفق الماء | طاقة كهربائية، بطاريات، أنظمة شمسية |

هذا الجدول يبرز أن الفارق الأساسي لا يكمن فقط في التطور التكنولوجي، بل في الانتقال من أنظمة فيزيائية محددة الإمكانات إلى أنظمة رقمية قابلة للتطوير والذكاء التكيفي.

وبذلك، يمكن القول إن الجزري لم يصنع روبوتات بالمعنى الحديث، لكنه أسّس لما يمكن تسميته "فكرًا روبوتيًا بدائيًا"، قائمًا على التفاعل الميكانيكي الذكي مع البيئة، وعلى تسلسل الوظائف ذاتيًا. إن استحضار هذا الفكر في سياق تكنولوجيا اليوم يفتح آفاقًا لقراءة تراثنا العلمي بوصفه حافزًا للابتكار، لا مجرد ماضٍ ساكن.

**الفصل الرابع: الرمزية والفلسفة في أعمال الجزري**

4.1 البُعد الجمالي والدلالات الثقافية في تصميم الآلات

لم تكن آلات الجزري مجرّد ابتكارات ميكانيكية تؤدي وظائف عملية، بل جاءت محمّلة بجماليات تشكيلية ودلالات ثقافية تعكس عمق الفكر الإسلامي في الجمع بين الحرفة والفن، بين النافع والجميل. لقد أولى الجزري اهتمامًا بالغًا بالشكل الخارجي لآلاته، فنجد استخدامه للتماثيل والطيور والخيول والفيلة والأباريق المزخرفة ضمن تصاميمه.

هذا التداخل بين الهندسة والفن يعبّر عن فلسفة جمالية سائدة في الحضارة الإسلامية، تؤمن بأن التقنية لا يجب أن تكون قبيحة، وأن الإتقان المادي هو انعكاس للكمال المعنوي. الآلات كانت أيضًا وسيلة لإبهار الزوّار والبلاط، فالجمال عنصر وظيفي فيها، يزيد من قيمتها الرمزية والاجتماعية.

4.2 العلاقة بين الشكل والوظيفة والخيال

يُلاحظ في معظم اختراعات الجزري أن الشكل لم يكن منفصلًا عن الوظيفة، بل مندمجًا بها ضمن "خيال علمي" سبّاق. فآلة صبّ الماء مثلًا ليست مجرد إبريق آلي، بل طاووس جميل يتحرك بانسيابية ويُصدر صوتًا، في حوار بين المتعة البصرية والدقة التقنية. الساعات المائية، بدورها، لم تُصمم كعقارب فقط، بل كمشاهد مسرحية متحركة تستعرض الزمن من خلال رموز وحركات وصور.

هذا النمط من الدمج بين الشكل والوظيفة يعكس ما يمكن تسميته بـ"البرمجة الجمالية"، حيث يوظّف الحرفي الخيال ليخترع حلاً وظيفيًا يأسر الحواس ويثير التساؤل. وهو بذلك يسبق ما يُعرف اليوم بـ"تصميم تجربة المستخدم" ( (UX Designالذي يراعي مشاعر المستخدم إلى جانب احتياجاته العملية.

4.3 تأويلات رمزية لأعماله في ضوء الفكر الإسلامي والفلسفي

تحمل بعض آلات الجزري إشارات رمزية عميقة يمكن تأويلها ضمن الفكر الإسلامي، خصوصًا في مجال التصوّف ورؤية الكون كنسق محكم منضبط. فمن خلال آلات تضبط الوقت بدقة وتتحرك بانسيابية وفق قوانين لا تتغير، يُمكن النظر إلى تصاميمه كمجازات للقدر الإلهي، وللنظام الكوني الذي لا يخلّ.

كما أن فكرة "الآلة التي تخدم الإنسان دون تدخّل مستمر" تعبّر عن نزعة فلسفية ترى في العلم وسيلة لتحرير الإنسان من الجهد، لا لإخضاعه، وهي فكرة يعبّر عنها الجزري دون تنظير مباشر، من خلال اختراعات تسعى لتحقيق الراحة والجمال معًا.

في هذا السياق، يمكن تأويل أعماله كمشاركة ضمن خطاب إسلامي عقلاني يرى في العلم والتقنية امتدادًا للحكمة الإلهية وتجليًا للعقل الإنساني المستخلف. وقد يكون في دقة الجزري وإتقانه صورة رمزية لقيمتي "الإحسان" و"الميزان" الواردتين في القرآن.

وبذلك، إن آلات الجزري ليست فقط أمثلة على براعة تقنية، بل هي أيضًا شواهد على فلسفة حضارية تنظر إلى التقنية كفن، وإلى الجمال كعنصر من عناصر المعرفة. تقف تصاميمه شاهدة على مشروع علمي–فني متكامل، يعكس عظمة الفكر الإسلامي الوسيط في سعيه للجمع بين الدقة والعِبرة، وبين المنفعة والإلهام.

**الفصل الخامس: توظيف إرث الجزري في التعليم والابتكار التقني**

5.1 اقتراح نماذج تعليمية مستوحاة من آلاته

يمثل تراث الجزري مادة تعليمية غنية تصلح لبناء مناهج ومشاريع تطبيقية متعددة التخصصات. يمكن تصميم وحدات دراسية تعتمد على إعادة بناء نماذج من آلاته – سواء بشكل فيزيائي باستخدام أدوات بسيطة أو رقميًا عبر برامج المحاكاة والنمذجة ثلاثية الأبعاد.

مثال على ذلك:

*إعادة تصنيع آلة رفع المياه باستخدام أدوات مدرسية.

*تحليل مكونات ساعة الفيل في دروس الفيزياء والميكانيكا.

*محاكاة برمجية لحركات الأواني ذاتية التشغيل وربطها بمبادئ التحكم الآلي.

تُظهر هذه الأنشطة أن آلات الجزري تصلح كنقطة انطلاق لمفاهيم فيزيائية ورياضية معقدة، ضمن إطار تطبيقي ممتع وتفاعلي.

5.2 سبل إدماج فكره في مناهج العلوم والهندسة

يمكن دمج فكر الجزري في مناهج التعليم من خلال:

- مساقات مشتركة بين العلوم والإنسانيات:** تجمع بين دراسة الآلة وسياقها الثقافي، بحيث لا تُدرس الآلة بوصفها تقنية فقط، بل كبُنية فكرية وفلسفية.

- مشاريع تخرّج جامعية: في كليات الهندسة والروبوتات يمكن اقتراح إعادة تصميم آلات الجزري وتطويرها، وتحليلها باستخدام أدوات التصميم الميكانيكي الحديثة (مثل SolidWorks أو Fusion 360).

- أنشطة STEAMإدماج الجزري كنموذج تطبيقي يربط بين العلوم والتقنية والهندسة والفنون والرياضيات، مما يعزز التعلّم المتعدد الأبعاد.

كما يمكن استحداث وحدة تعليمية تحت عنوان "الابتكار في التراث الإسلامي"، يكون الجزري أحد أعمدتها.

5.3 فرص الربط بين تراثه والتقنيات المعاصرة (STEAM، النمذجة، الطباعة ثلاثية الأبعاد)

يقدّم تراث الجزري فرصًا فريدة للربط بين المعرفة التراثية والتقنيات الحديثة، من أبرزها:

- النمذجة الرقمية: يمكن تحويل رسوماته إلى نماذج CAD ثلاثية الأبعاد، تُطبع باستخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد لتوضيح المبادئ الميكانيكية لطلّاب المدارس والجامعات.

- الواقع الافتراضي والواقع المعزز VR/ARلتجربة تفاعلية مع آلاته داخل متاحف رقمية أو بيئات تعليمية افتراضية.

- مقاربات STEAM التفاعلية: استخدام آلات الجزري لشرح المفاهيم الأساسية في الطاقة، الحركة، الضغط، التوازن، الديناميكا، وكل ذلك في بيئة تعليمية ممتعة ومحفّزة للإبداع.

وبذلك لا يقتصر توظيف إرثه على إعادة إحياء الماضي، بل يمتد لبناء مستقبل تعليم أكثر تكاملًا بين الأصالة والتكنولوجيا.

وخلاصة الفصل أن إرث الجزري ليس مجرد مادة معرفية تاريخية، بل مصدر متجدد للإبداع التربوي والتقني. إن دمج آلاته وفكره ضمن برامج التعليم، يعزز من فهم الطلاب لمفاهيم STEM/STEAM بطريقة ملهمة، ويُرسّخ ثقافة الابتكار المستندة إلى الجذور الحضارية. إنه دعوة لتعلّم المستقبل من عبقرية الماضي.

**الخاتمة**

يمثل هذا البحث جهدًا تكامليًا لإعادة قراءة إرث بديع الزمان الجزري من منظور يجمع بين التاريخ والهندسة والرمزية والرؤية المستقبلية. وقد خلص إلى نتائج تؤكد أن الجزري لا يندرج ضمن التصنيف التقليدي للمخترعين التراثيين، بل يُعدّ مؤسسًا مبكرًا لفكر الأنظمة الذكية الميكانيكية، سابقًا لعصره في رؤيته وتصميمه ووظيفة آلاته.

كشفت الدراسة أن:

* الجزري وظّف مبادئ التحكم الذاتي، التوقيت، التفاعل، والتناغم بين الشكل والوظيفة بطريقة مذهلة لا تختلف كثيرًا عن مفاهيم الروبوتات الحديثة.

* تكاملت في أعماله الدقة الهندسية بالرمزية الثقافية، ما يجعل من اختراعاته أدوات معرفية وجمالية في آنٍ واحد.

* السياق التاريخي الذي نشأ فيه الجزري ساعد على تبلور مشروعه العلمي، لكنه لا يحدّ من إمكانية استثمار فكره اليوم في مجالات التعليم والتقنية.

**نطاقات بحثية واعدة لمواصلة البناء**

ولاستكمال هذا المسار العلمي الغني، تشير الدراسة إلى إمكانيات متعددة لمزيد من البناء المعرفي على ما تم إنجازه، مثل:

* تطوير بيئات تعليمية تستلهم من آلات الجزري طرائق مبتكرة لتعليم العلوم والهندسة.

* إنتاج محاكاة رقمية وتفاعلية لآلاته باستخدام تقنيات الواقع الافتراضي والنمذجة.

* الربط بين فلسفته التقنية ونظريات التصميم التربوي المعاصر .Design Thinking

الجزري: من تراث عبقري إلى إلهام عالمي

يُعيد هذا البحث التأكيد على أن الجزري هو أحد أعمدة الإبداع الإنساني الذي ما زالت أفكاره قادرة على إلهام أجيال جديدة من المبدعين والمهندسين والمربين. لا بوصفه شخصية تاريخية فقط، بل كفكر حيّ يربط بين الماضي والمستقبل، ويضعنا أمام حقيقة أن الإبداع لا زمان له.

**المراجع**

1. الجزري، بديع الزمان. *الجامع بين العلم والعمل النافع في صناعة الحيل*. تحقيق: أحمد يوسف الحسن. معهد التراث العلمي العربي، جامعة حلب، 1979.

2. Hassan, Ahmad Y. *The Ingenious Mechanical Devices of Al-Jazari*. D. Reidel Publishing Company, 1976.

3. Hill, Donald R. *Studies in Medieval Islamic Technology*. Variorum Reprints, 1979.

4. Al-Hassani, Salim T. S. *1001 Inventions: The Enduring Legacy of Muslim Civilization*. National Geographic, 2012.

5. Gutas, Dimitri. *Greek Thought, Arabic Culture: The Graeco-Arabic Translation Movement in Baghdad and Early ʿAbbāsid Society*. Routledge, 1998.

6. Nasr, Seyyed Hossein. *Science and Civilization in Islam*. Harvard University Press, 1968.

7. George, Alain. *The Rise of Islamic Calligraphy*. Saqi Books, 2010.

(للاستئناس بتكامل الفنون والعلوم في الحضارة الإسلامية)

8. Ragheb, Ali. "Al-Jazari’s Automata: Contextualizing Engineering in the Islamic Golden Age." *History of Science*, vol. 56, no. 2, 2018, pp. 207–230.

Issued by: Digital Al-Jazari for Artificial Intelligence and Research Innovation ISSN: 3104-378X (Print) تصدر عن: الجزري الرقمي للذكاء الاصطناعي والابتكار البحثي
Volume (2) Issue (1) . August 2025
المجلد (2) العدد (1) أغسطس 2025

Kaya, Ali. "Al-Jazari and the Birth of Robotics in Islamic Science." *Turkish Journal of Islamic History*, vol. 12, 2020. .9

Ahmad, Rania. "Reimagining Al-Jazari’s Machines in the Digital Age." *International Journal of Islamic Architecture*, vol. 9, no. 1, 2020. .10