

مجلة جامعة حمص

سلسلة العلوم الهندسية المدنية والمعمارية



مجلة علمية محكمة دورية

المجلد 47 . العدد 9

2025 هـ - 1447 م

الأستاذ الدكتور طارق حسام الدين رئيس جامعة حمص

المدير المسؤول عن المجلة

رئيس تحرير مجلة جامعة حمص للغات الإنسانية	أ. د. وليد حمادة
رئيس تحرير مجلة جامعة حمص للغات الطبيعية والهندسية والأساسية والتطبيقية	د. نعيمة عجيب

د. محمد فراس رمضان	عضو هيئة التحرير
د. مضر سعود	عضو هيئة التحرير
د. ممدوح عبارة	عضو هيئة التحرير
د. موفق تلاوي	عضو هيئة التحرير
د. طلال رزوق	عضو هيئة التحرير
د. أحمد الجاعور	عضو هيئة التحرير
د. الياس خلف	عضو هيئة التحرير
د. روعة الفقس	عضو هيئة التحرير
د. محمد الجاسم	عضو هيئة التحرير
د. خليل الحسن	عضو هيئة التحرير
د. هيثم حسن	عضو هيئة التحرير
د. أحمد حاج موسى	عضو هيئة التحرير

تهدف المجلة إلى نشر البحوث العلمية الأصلية، ويمكن للراغبين في طلبها

الاتصال بالعنوان التالي:

رئيس تحرير مجلة جامعة حمص

سورية . حمص . جامعة حمص . الإدارة المركزية . ص . ب (77)

. هاتف / فاكس : 2138071 31 963 ++

. موقع الإنترنت : www.homs-univ.edu.sy

. البريد الإلكتروني : journal.homs-univ.edu.sy

ISSN: 1022-467X

شروط النشر في مجلة جامعة حمص

الأوراق المطلوبة:

- 2 نسخة ورقية من البحث بدون اسم الباحث / الكلية / الجامعة + CD / word + من البحث منسق حسب شروط المجلة.
 - طابع بحث علمي + طابع نقابة معلمين.
 - اذا كان الباحث طالب دراسات عليا: يجب إرفاق قرار تسجيل الدكتوراه / ماجستير + كتاب من الدكتور المشرف بموافقتة على النشر في المجلة.
 - اذا كان الباحث عضو هيئة تدريسية: يجب إرفاق قرار المجلس المختص بإنجاز البحث أو قرار قسم بالموافقة على اعتماده حسب الحال.
 - اذا كان الباحث عضو هيئة تدريسية من خارج جامعة البعث : يجب إحضار كتاب من عمادة كليته تثبت أنه عضو بالهيئة التدريسية و على رأس عمله حتى تاريخه.
 - اذا كان الباحث عضواً في الهيئة الفنية : يجب إرفاق كتاب يحدد فيه مكان و زمان إجراء البحث ، وما يثبت صفتة وأنه على رأس عمله.
- يتم ترتيب البحث على النحو الآتي بالنسبة للكليات (العلوم الطبية والهندسية والأساسية والتطبيقية):
- عنوان البحث .. ملخص عربي و إنكليزي (كلمات مفتاحية في نهاية الملخصين).
- 1 مقدمة
 - 2 هدف البحث
 - 3 مواد وطرق البحث
 - 4 النتائج ومناقشتها .
 - 5 الاستنتاجات والتوصيات .
 - 6 المراجع.

- يتم ترتيب البحث على النحو الآتي بالنسبة للكليات (الأداب - الاقتصاد - التربية - الحقوق - السياحة - التربية الموسيقية وجميع العلوم الإنسانية):
 - عنوان البحث .. ملخص عربي و إنجليزي (كلمات مفتاحية في نهاية الملخصين).
 - 1. مقدمة.
 - 2. مشكلة البحث وأهميته والجديد فيه.
 - 3. أهداف البحث و أسئلته.
 - 4. فرضيات البحث و حدوده.
 - 5. مصطلحات البحث و تعریفاته الإجرائية.
 - 6. الإطار النظري و الدراسات السابقة.
 - 7. منهج البحث و إجراءاته.
 - 8. عرض البحث و المناقشة والتحليل
 - 9. نتائج البحث.
 - 10. مقتراحات البحث إن وجدت.
 - 11. قائمة المصادر والمراجع.
- 7- يجب اعتماد الإعدادات الآتية أثناء طباعة البحث على الكمبيوتر:
- أ- قياس الورق B5 25×17.5 سم
 - ب- هامش الصفحة: أعلى 2.54 - أسفل 2.54 - يمين 2.5 - يسار 2.5 سم
 - ت- رأس الصفحة 1.6 / تتبيل الصفحة 1.8
 - ث- نوع الخط وقياسه: العنوان . Monotype Koufi قياس 20
 - كتابة النص Simplified Arabic قياس 13 عادي - العناوين الفرعية Simplified Arabic قياس 13 عريض.
- ج . يجب مراعاة أن يكون قياس الصور والجدوال المدرجة في البحث لا يتعذر 12 سم.
- 8- في حال عدم إجراء البحث وفقاً لما ورد أعلاه من إشارات فإن البحث سيهمل ولا يرد البحث إلى صاحبه.
- 9- تقديم أي بحث للنشر في المجلة يدل ضمناً على عدم نشره في أي مكان آخر ، وفي حال قبول البحث للنشر في مجلة جامعة البعث يجب عدم نشره في أي مجلة أخرى.

- 10- الناشر غير مسؤول عن محتوى ما ينشر من مادة الموضوعات التي تنشر في المجلة
- 11- تكتب المراجع ضمن النص على الشكل التالي: [1] ثم رقم الصفحة ويفضل استخدام التهبيش الإلكتروني المعهول به في نظام وورد WORD حيث يشير الرقم إلى رقم المرجع الوارد في قائمة المراجع.

تكتب جميع المراجع باللغة الانكليزية (الأحرف الرومانية) وفق التالي:
آ . إذا كان المرجع أجنبياً:

- الكنية بالأحرف الكبيرة - الحرف الأول من الاسم تتبعه فاصلة - سنة النشر - وتتبعها معترضة (-) عنوان الكتاب ويوضع تحته خط وتتبعه نقطة - دار النشر وتتبعها فاصلة - الطبعة (ثانية . ثلاثة) . بلد النشر وتتبعها فاصلة . عدد صفحات الكتاب وتتبعها نقطة.

وفيما يلي مثال على ذلك:

-MAVRODEANUS, R1986- Flame Spectroscopy. Willy, New York, 373p.

ب . إذا كان المرجع بحثاً منشورةً في مجلة باللغة الأجنبية:

— بعد الكنية والاسم وسنة النشر يضاف عنوان البحث وتتبعه فاصلة، اسم المجلد ويوضع تحته خط وتتبعه فاصلة — المجلد والعدد (كتابة مختلطة) وبعدها فاصلة — أرقام الصفحات الخاصة بالبحث ضمن المجلة.

مثال على ذلك:

BUSSE,E 1980 Organic Brain Diseases Clinical Psychiatry News , Vol.

4. 20 - 60

ج. إذا كان المرجع أو البحث منشورةً باللغة العربية فيجب تحويله إلى اللغة الإنكليزية و التقيد بالبنود (أ و ب) ويكتب في نهاية المراجع العربية: (المراجع In Arabic)

رسوم النشر في مجلة جامعة حمص

1. دفع رسم نشر (50000) ل.س أربعون ألف ليرة سورية عن كل بحث لكل باحث يريد نشره في مجلة جامعة البعث.
2. دفع رسم نشر (200000) ل.س مئة ألف ليرة سورية عن كل بحث للباحثين من الجامعة الخاصة والافتراضية .
3. دفع رسم نشر (200) مئتا دولار أمريكي فقط للباحثين من خارج القطر العربي السوري .
4. دفع مبلغ (15000) ل.س ستة آلاف ليرة سورية رسم موافقة على النشر من كافة الباحثين.

المحتوى

الصفحة	اسم الباحث	اسم البحث
46-11	د.م. لما شعبان قباقيبو	الذكاء الاصطناعي وأثره في العمارة السكنية المعاصرة
78-47	حسين الحسين د.شعبان حديد د. مرتضى على	الدراسة الهيدروليكي للموجة الفيضانية الناجمة عن المفيض الجانبي لسد الأبرش
92-79	سعيد هاشم سعيد أ.د.أكرم صقرور غاندي ججاج	"نمذجة العوامل المؤثرة على مقاومة القص في الجوانز الخرسانية غير المسلحه قصياً والمدعمة بالالياف الفولاذية باستخدام الشبكات العصبية الاصطناعية"
126-93	م. كندة على د. عادل عوض د. حسام صبور د. رائد جعفر	إنتاج الغاز الحيوي عند تحرير ركائز مشتركة من روث الأبقار وفضلات الطعام باستخدام مفاعل UASB
175-127	علي محمد فرج د. ميساء حمدون أ.د. لؤي مرهج	مفهوم استدلال الطريق كأحد الاحتياجات النفسية في تصميم المراكز الصحية للأطفال

الذكاء الاصطناعي وأثره في العمارة السكنية المعاصرة

د.م. لما شعبان قباقبيو، عضو هيئة تدريسية في كلية الهندسة-قسم العمارة في جامعة الوادي
الدولية الخاصة

ملخص البحث:

مع التطور التقني الهائل الذي رافق التحولات الحديثة في العمارة المعاصرة، شَكَّلَ الذكاء الاصطناعي قفزة نوعية في تصميم وتنفيذ الأبنية السكنية، مما أثار تساؤلات حول آليات دمج هذه التقنية في العمليات الإبداعية والوظيفية، وخصوصاً في المساكن التي ترتبط مباشرة بحياة الإنسان اليومية. لذلك، استكشف البحث مفهوم الذكاء الاصطناعي وتطوره التاريخي، بدءاً من نظريات منتصف القرن العشرين وصولاً إلى تقنيات التعلم العميق والشبكات العصبية، مع تسلیط الضوء على تطبيقاته في الهندسة المعمارية، مثل التصميم البارامتری وأدوات توليد التصميم النصية تم تناول البحث الأبنية السكنية وأسس تصميمها وصولاً إلى سمات الأبنية السكنية المعاصرة مع دراسة أثر استخدام الذكاء الاصطناعي في العمارة السكنية المعاصرة عبر تناول العديد من التقنيات وأثر تطبيقها وصولاً إلى نتائج ومقترنات يمكن الاستفادة منها في المستقبل في تفعيل دور هذه التقنيات وتحسين نتائجها.

الكلمات المفتاحية:

ذكاء اصطناعي-عمارة سكنية- عمارة معاصرة -تكنولوجيا-تصميم معماري.

Artificial Intelligence and Its Impact on Contemporary Residential Architecture

Abstract:

With the tremendous technological advancements accompanying modern shifts in contemporary architecture, Artificial Intelligence (AI) has marked a qualitative leap in the design and implementation of residential buildings. This evolution has raised critical questions about the mechanisms for integrating such technology into creative and functional processes, particularly in housing directly linked to human daily life. Consequently, the research explores the concept of AI and its historical evolution, beginning with mid-20th-century theories and progressing to deep learning and neural network technologies. It highlights AI's applications in architecture, such as parametric design and text-to-design generative tools. The study further addresses residential buildings, their foundational design principles, and the characteristics of contemporary residential architecture. It examines the impact of AI on modern residential architecture by analyzing various technologies and their practical implementation, concluding with findings and actionable proposals. These insights aim to inform future efforts to activate the role of such technologies and enhance their outcomes in architectural practice.

key words:

Artificial Intelligence – Residential Architecture – Contemporary Architecture – Technology – Architectural Design.

المقدمة:

في ظل الثورة التكنولوجية التي يشهدها العصر الحالي، يبرز الذكاء الاصطناعي (Artificial Intelligence – AI) كأحد أبرز المحركات الأساسية لتطوير القطاعات المختلفة، بدءاً من الرعاية الصحية وصولاً إلى التصميم الحضري. وفي هذا السياق، يشهد مجال العمارة، وخاصة العمارة السكنية، تحولاً كبيراً بفضل إمكانات الذكاء الاصطناعي التي تعيد تعريف المفاهيم التقليدية للتصميم والبناء والتفاعل البشري مع الفراغات المعيشية. حيث لم يعد التصميم المعماري مجرد عملية إبداعية تقليدية تعتمد بالكامل على الحدس والخبرة الإنسانية، بل أصبح مزيجاً ديناميكياً بين الإبداع البشري والتحليلات الخوارزمية القادرة على استشراف احتياجات المستقبل وتحسين جودة الحياة.

أهمية البحث:

إلقاء الضوء على مفهوم الذكاء الاصطناعي ودوره في الهندسة المعمارية، وبيان أثره في العمارة السكنية.

هدف البحث:

يهدف البحث إلى دراسة الذكاء الاصطناعي في العمارة واستنتاج أثره في الأبنية السكنية المعاصرة، للمساعدة في تصميم أبنية سكنية تحقق الاستدامة والراحة لقاطنيها.

منهجية البحث:

–المنهج النظري

–المنهج الوصفي

1- الذكاء الاصطناعي:

1-1- مفهوم الذكاء الاصطناعي:

يُعرف الذكاء الاصطناعي (Artificial Intelligence - AI) بأنه فرع من علوم الحاسوب يهدف إلى تصميم أنظمة قادرة على محاكاة القدرات الذهنية البشرية، مثل التعلم، والاستدلال، واتخاذ القرارات، مع تحسين الأداء عبر الخبرة التراكمية.^[35] يعتمد هذا المجال على تقنيات متقدمة مثل التعلم الآلي (Machine Learning)، التي تمكن الآلات من تحليل البيانات الضخمة واستخلاص أنماط معقدة دون برمجة صريحة ^[31] والمعالجة الطبيعية للغة (NLP)، التي تسهل التفاعل بين البشر والحواسيب عبر النصوص أو الكلام ^[27]. تشمل تطبيقات الذكاء الاصطناعي مجالات متعددة، من التشخيص الطبي الدقيق ^[34] إلى المركبات ذاتية القيادة وأيضاً في مجال البناء. ^[36] مع ذلك، تبرز تحديات أخلاقية وعملية، مثل التحيز الخوارزمي ومخاطر الاختراق الأمني، مما يستدعي تطوير أطر تنظيمية تضمن الشفافية والمساءلة. ^[20] يُنظر إلى الذكاء الاصطناعي اليوم كركن أساسي في الثورة الرقمية، مع الحاجة إلى موازنة إمكاناته الابتكارية مع ضمان التوافق مع القيم الإنسانية. ^[16]

1-2- تطور الذكاء الاصطناعي:

شهد الذكاء الاصطناعي تطويراً ملحوظاً منذ بداياته النظرية في منتصف القرن العشرين، حيث بدأ كفكرة فلسفية تسائلت عن إمكانية محاكاة العقل البشري. في عام 1950، قدم (آلان تورينج) اختباره الشهير (اختبار تورينج) لقياس قدرة الآلات على محاكاة الذكاء البشري، مما وضع حجر الأساس للمجال. ^[26]

وفي عام 1956، تم تأسيس المجال أكاديمياً خلال ورشة عمل (دارتموث) التي نظمها (جون مكارثي)، حيث صيغ مصطلح "الذكاء الاصطناعي" رسمياً، وبدأت الأبحاث في تطوير أنظمة قادرة على حل المشكلات الرياضية ولعب الألعاب مثل الداما والشطرنج . [32] [37] خلال السبعينيات والثمانينيات، ظهرت تقنيات مبتكرة مثل (الشبكات العصبية الاصطناعية) و(الأنظمة الخبيرة)، مثل برنامج (DENDRAL) الذي ساعد في تحليل المركبات الكيميائية، وبرنامج (ELIZA) الذي كان أول نموذج للدردشة الآلية . ومع ذلك، واجه المجال تحديات في السبعينيات بسبب نقص التمويل وعدم تحقيق التوقعات، مما أدى إلى فترات تُعرف باسم (شتاء الذكاء الاصطناعي) [26] [32]. ثم عاد الاهتمام بالمجال في الثمانينيات مع تطور (أنظمة الخبراء) و(التعلم الآلي)، مثل نظام (XCON) الذي ساعد في تكوين أجهزة الكمبيوتر، واختراع (السيارات ذاتية القيادة) المبكرة في ألمانيا عام 1986 [37]. وفي التسعينيات، حقق الذكاء الاصطناعي قفزة نوعية عندما هزم (ديب بلو) من IBM بطل العالم في الشطرنج غاري كاسباروف عام 1997، مما أثبت قدرته على التعامل مع التعقيدات الاستراتيجية . [32] [30]

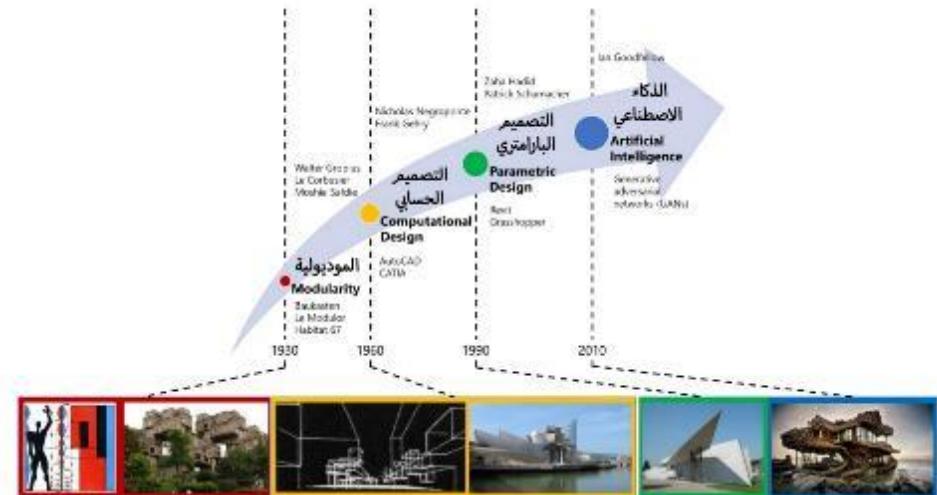
مع مطلع الألفية الجديدة، أدت الثورة الرقمية وزيادة قوة الحوسبة إلى ازدهار (التعلم العميق) و(الشبكات العصبية التلايفية)، والتي مكنت الأنظمة من تحليل الصور والفيديو بدقة غير مسبوقة. في العقد الأخير، برزت نماذج مثل (GPT-3) و(AlphaFold)، التي أحدثت تحولاً في معالجة اللغة الطبيعية وحل مشكلات البيولوجيا التركيبية . كما أصبحت التطبيقات اليومية مثل (المساعدات الافتراضية) (كـ Siri و Alexa) و(السيارات الذاتية) واقعاً ملماساً [15]. اليوم، يتجه الذكاء الاصطناعي نحو تحقيق (الذكاء العام الاصطناعي (AGI))، الذي يهدف إلى محاكاة الذكاء البشري بشكل كامل، رغم التحديات الأخلاقية والفنية التي لا تزال قائمة، مثل التحيز الخوارزمي وأمن البيانات . وتشير التوقعات إلى أنه بحلول عام 2050، قد يصبح الذكاء الاصطناعي جزءاً لا يتجزأ من الحياة اليومية، مع تطبيقات في الطب الدقيق والروبوتات الاجتماعية، مما يستدعي تطوير أطر تنظيمية تضمن توافقه مع القيم الإنسانية [28] [30].

1-3- الذكاء الاصطناعي في الهندسة المعمارية:

يشير مصطلح الذكاء الاصطناعي في العمارة إلى قدرة الآلات والحواسيب الرقمية على أداء مهام بشرية مثل التفكير والتعلم من خلال الأنظمة والمعلومات، وذلك عن طريق إدخال بيانات وتحليلها ومعالجتها. بدأ هذا المفهوم في العمارة في عام 2015 عندما بدأ مجموعة من الباحثين والمطوريين في الذكاء الاصطناعي بتطوير تقنيات تسمح للحواسيب بالتعرف التلقائي على عناصر الصور وتوفير وصف دقيق لكل صورة. عند نجاح هذه التقنية، انتقلت مجموعة أخرى من المطوريين إلى تطوير تقنية معاكسة تعتمد على تحويل النصوص المكتوبة إلى صور، حيث تقدم تصاميم جديدة كلّياً وغير مكررة. اليوم، يعتمد الذكاء الاصطناعي في العمارة على إدخال وصف بسيط ودقيق كتابياً للحصول على مخرجات من صور وتصاميم ومقترنات، بناءً على الوصف الذي أدخله المصمم أو المهندس للحاسوب [11].

لم يكن تطبيق الذكاء الاصطناعي في المجال المعماري تطوراً فجائياً، بل هو امتداد طبيعي وترامك للمفاهيم السابقة التي اعتمدت على التقنيات المعمارية. يمكن تقسيم هذا التطور إلى أربع مراحل رئيسية: الموديولية، التصميم الحسابي، التصميم البارامטרי، وأخيراً الذكاء الاصطناعي.

تشمل الموديولية استخدام أجزاء موحدة وقابلة للتبدل في التصميم، مما يتيح المرونة والقدرة على التكيف في البناء. يعتمد التصميم الحسابي على أجهزة الكمبيوتر للمساعدة في عملية التصميم، مما يسمح بتصاميم أكثر دقة وسرعة وتعقيداً. يستخدم التصميم البارامטרי الخوارزميات والمتغيرات لإنشاء خيارات التصميم بناءً على معايير محددة. يأخذ الذكاء الاصطناعي هذه المفاهيم إلى مستوى أبعد، حيث يستعين بخوارزميات التعلم الآلي المتقدمة للمساعدة في عملية التصميم وإنشاء تصاميم أكثر تعقيداً وتحسيناً [1] [11].



الشكل 1: مراحل تطور الذكاء الاصطناعي في الهندسة المعمارية [9]

يعتمد الذكاء الاصطناعي في التصميم المعماري على برامج الكمبيوتر التي تحاكي الإدراك البشري لحل المشكلات المعقدة والاستجابة الديناميكية للمحفزات. أحد المجالات الفرعية ذات الصلة الوثيقة هو التعلم الآلي، والذي يشير إلى قدرة نظام الذكاء الاصطناعي على التعرف على الأنماط والتعلم منها، وتحسين قدرته الإدراكية بشكل مستقل دون تدخل بشري. ومن خلال تحليل الصور لمولدات الصور مثل أداة (Midjourney) يمكن تطوير صور غنية بالتفاصيل وذات جودة قريبة من جودة الصور الطبيعية من كلمات نصية قصيرة. وتعد هذه الصور مفيدة أيضاً للوصول إلى عدد كبير من المستخدمين ويمكن استخدامها في المواد التسويقية والترويجية لتوضيح مفاهيم وسياقات التصميم الأساسية. ويمكن للذكاء الاصطناعي أن يعزز الطريقة التي يفحص بها التصميمات الرقمية المتغيرة ويتعلم كيفية تحسين عمليات البناء والتصميم ويمكن لأدوات الذكاء الاصطناعي ذات التركيز العميق تحسين التصميمات لمقاييس أداء المبني، وإنشاء مخططات للطوابق من مدخلات برمجية ومكانية بسيطة، وإعادة تنظيم مخططات الطوابق ديناميكياً مع نقل الجدران والأقسام مما يؤدي بشكل أساسي إلى أتمتة مهام التصميم الصغيرة المنتشرة بشكل واسع في أجزاء التصميم. ويعمل مهندسو الذكاء الاصطناعي على دمج الواجهات المستندة إلى النصوص باللغة الطبيعية في أدوات هندسة

الذكاء الاصطناعي، مثل (ChatGPT) وتوليد وحدات تكرارية بمساعدة الذكاء الاصطناعي هو نوع من التصميم البارامטרי، وهو راسخ في الهندسة المعمارية لتوليد اختلافات وتصميمات لا نهاية لها وذلك مع زيادة قوة حوسبة الذكاء الاصطناعي. وقد اعتقد الكثير من المهندسين المعماريين على جعل تصميماتهم تتم عبر العمليات الرقمية مثل نمذجة معلومات البناء (BIM) الذي يمكن أن يسمح باختبار هذه النماذج، مع امكانية فحص مدى تأثير متغير واحد على أداء الطاقة في المبني، أو اكتساب درجة الحرارة، أو تأثير الظل على المبني وكل ذلك يزيد من تحسين عمليات التصميم بشكل مستمر ومستقل. يتم تغذية هذه التكنولوجيا الناشئة عن طريق أجهزة الاستشعار المتصلة بشبكة الانترنت والأجهزة التي تغذي البيانات مباشرة إلى التقنيات الرقمية لذلك هناك العديد من تلك الأدوات التي تعمل على تحسين ومعالجة التصميم. [11] [1]

أي يمكن استخدام الذكاء الاصطناعي للمساعدة في عملية التصميم من خلال تحليل بيانات التصميم واقتراح الحلول المختلفة بناءً على التوزيعات الإحصائية لتلك المعلومات. وتشمل التطبيقات المحتملة للذكاء الاصطناعي في الهندسة المعمارية توليد مفاهيم التصميم الأولية (concept)، وتحسين مخططات التصميم، والتنبؤ بأداء المبني، وتحليل تأثير قرارات التصميم على كفاءة الطاقة أو راحة المستخدمين، وإنشاء محاكاة أو تصورات للمبني. [11]



الشكل 0: استخدام الذكاء الاصطناعي في عملية الإخراج المعماري [11]

2-الأبنية السكنية

2-1-تعريف المسكن:

لغويًّا: (سكن) الشيء من باب دخل و(السكنية) الوداع والوقار. و(السكن) بكسر الكاف المنزل والبيت. [6]

المسكن هو المنشأة التي يأوي إليها الإنسان وعائلته للعيش، والاحتماء من عوامل الطبيعة، ولقضاء احتياجاته اليومية خارج نطاق عمله، ويستخدمه للراحة والنوم، وتحضير وتناول الطعام، واللقاءات الأسرية والاجتماعية، وممارسة بعض نشاطاته وهوبياته. [12]

وهو الوحدة الأساسية في التكوين الفضائي أو المكاني لمشاريع الإسكان، وهي الخلية الأولى للنسيج العمراني السكني أو الهيكل العمراني الذي تستعمله الأسرة أو العائلة، كما يمثل بداية نشوء التجمعات الحضرية وتكون المستوطنات الحضرية والتجمعات السكانية. [3]

تم تصميم المباني السكنية لتوفير المأوى والأمان والراحة، وغالباً ما تأتي مزودة بوسائل الراحة الأساسية مثل الكهرباء والمياه وأنظمة التدفئة والتبريد. [38]

بالإضافة لكون المسكن مأوى تتحقق فيه الوظائف الأساسية الفردية والأسرية، هو مجال للعلاقات الأسرية ووعاء للتنشئة الاجتماعية، بالإضافة لكونه عنصراً تفاعلياً باعتباره نتاجاً لتفاعل الفرد مع معطيات البيئة من حوله. [13]

2-1-المفهوم المادي للمسكن

يعتبر المبني السكني من أهم المنشآت المعمارية، فطالما كان إيجاد السكن المناسب من أولى اهتمامات الإنسان بسبب ضرورة تأمين الظروف الفيزيائية المناسبة لمعيشته وحمايته من المخاطر والمتمثلة بفراغات المسكن المتنوعة حسب وظيفتها كل منها لتشكل مأوى للإنسان.

[13]

2-1-2-المفهوم اللامادي للمسكن

لا يمكن الحديث عن المسكن دون التطرق لأبعاد اللامادية بجانب المادية، فهذه الأبعاد تتكامل سوياً في التصميم المعماري لتنبية احتياجات الفرد والأسرة.

المسكن هو المكان الذي يحمل معاني الهدوء والسكينة والراحة، وله دور مهم جداً في نمو الإنسان وتوازنه النفسي والجسدي، ففي المسكن يمارس الفرد كافة الأنشطة الجسدية والفكرية والروحية التي بدورها تتفاعل بشكل متباين مع المسكن الذي يتمتع فيه بأعلى درجات الخصوصية الاجتماعية.

إن الرابط الروحي والجسدي الذي ينشأ بين الفرد ومسكنه خلال مراحل الحياة العمرية نقل مفهوم المسكن لمستوى أعلى ليصبح رمزاً للانتماء، ووعاء حاضن للقيم الثقافية والاجتماعية والدينية لفرد فأصبح السكن جزء من الهوية الشخصية والأسرية.

تتشاءم بين الساكن والمسكن علاقة تبادلية يؤثر فيها كل منهما على الآخر، فللمسكن أثر كبير على حياة الأسرة وحاجاتها الأساسية المتمثلة بالخصوصية والحماية والسلامة من المخاطر الخارجية، ويوفر الخدمات التي تحقق الصحة والراحة لهم.[8]

2-2- أنماط المبني السكني:

2-2-1-النط الأول: نمط العائلة (Family type):

يرتبط بنمط العائلة وحالتها تبعاً للفترة الزمنية وبذلك تصنف إلى 4 أنماط:

1. النواة
2. المتمامية
3. المتقلصة
4. المستقرة.[5]

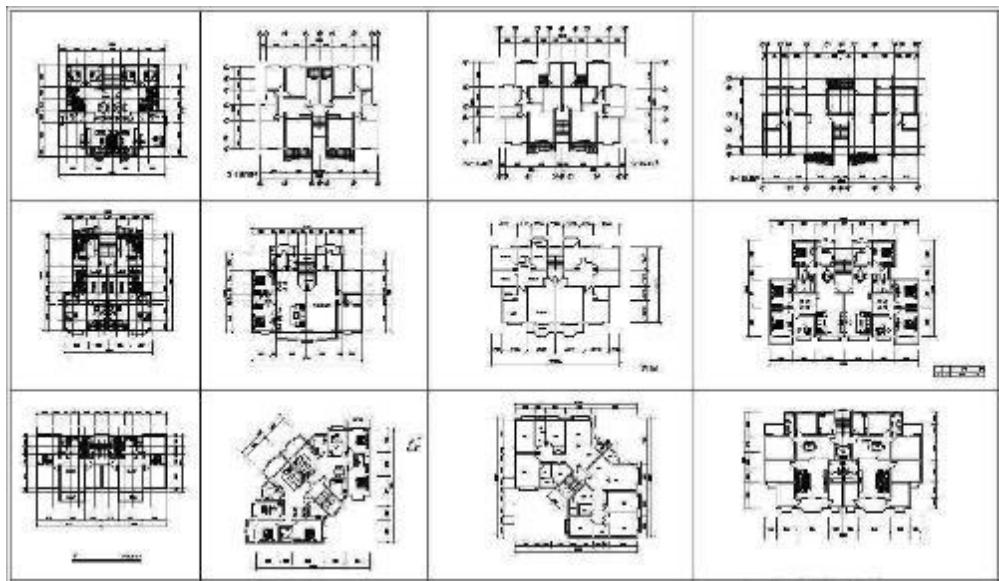
2-2-2-النمط الثاني: نمط الاستخدام (Use type)

يختلف حسب السلوك الاجتماعي للمجتمع وللعائلة وبالتالي يتأثر بميل العائلة ورغباتها، والسلوك الاجتماعي. يقسم إلى:

- نمط (A): يميل نحو الانفتاح فيكون المسقط الأفقي ذو فراغات مفتوحة (Open plan) وبالتالي يناسب العائلات ذات الميل السلوكيية المفتوحة (فعاليات سلوكية أكثر عمومية).
- نمط (B): يعطي فعاليات سلوكية أقل عمومية.
- نمط (C): يعطي فعاليات سلوكية أقل خصوصية.
- نمط (D): يعطي ميل نحو فعاليات سلوكية خاصة أو منفردة. [5]

2-2-3-النمط الثالث: نمط المخططات (Plans type)

يرتبط هذا النمط بالعلاقات الوظيفية للمسكن ونمطها وارتباطها الفراغات ببعضها البعض، وبالتالي يوجد عدد كبير من الأنماط تبعاً لرغبات كل عائلة وانعكاس ذلك على تصميم المساقط الأفقي للبناء السكني، لكن هناك ثوابت تحكم العلاقات الوظيفية ترتبط بخصوصية أو عمومية الفضاء ونوع الخدمة أو الفعاليات التي تتجزء فيه (تدرج فضائي للعلاقات الوظيفية والفراغات). [5].



الشكل 3: الاختلاف حسب نمط المخططات وتعدد الحلول للمساكن [40]

2-2-4-النوع الرابع: نمط الوحدة السكنية (Dwelling Type)

حسب حجم العائلة ونمطها فتكون الوحدة السكنية: إما صغيرة أو متوسطة أو كبيرة أو كبيرة جداً

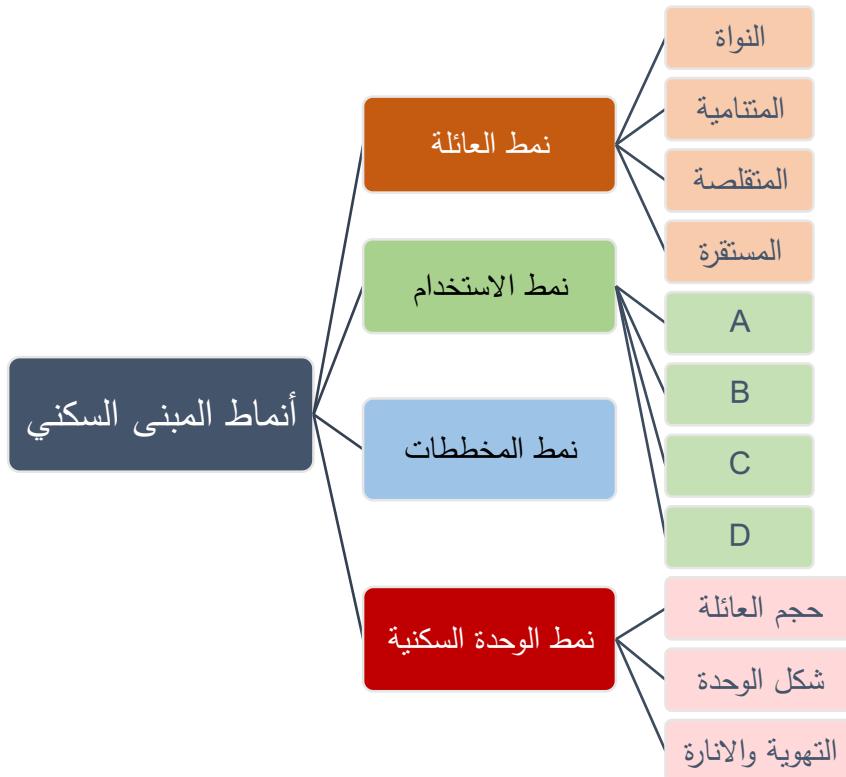
-وذلك تبعاً لمعايير الإشغال أو تبعاً لحجم الوحدة السكنية بالاعتماد على عدد فراغات النوم.

-يمكن أن يتم تصنيفها أيضاً حسب شكل المقطع الأفقي للوحدة السكنية: إما مربعة أو مستطيلة أو على شكل حرف (L) أو على شكل حرف (T).

-حسب نظام التهوية والإنارة: تكون الوحدة السكنية مفتوحة إما على جانب واحد (أحادية التهوية) أو جانبين (ثنائية التهوية) أو ثلاثة جوانب (ثلاثية التهوية) أو أربعة جوانب.[4]



الشكل 4: نماذج لشقق سكنية حسب نمط الوحدة السكنية [29]



الشكل 5: أنماط المبني السكني [11]

2-3-أسس ومتطلبات تصميم الأبنية السكنية:

ان الاعتبارات التصميمية للمباني السكنية يجب أن تتحقق من عمارة تحقق عناصر المنفعة والمتنانة والجمال و الاقتصاد وتفي بحاجات الساكن المادية والنفسية، ففي عملية تصميم المسكن الجيد يجب مراعاة أن يكون البناء جيداً من حيث الموقع والتهوية وإمكانية دخول أشعة الشمس إليه، وأن يكون جيد الإضاءة ومحمي من الرطوبة، وتتوفر فيه العناصر الخدمية المزودة بالشبكات الالزمة (ماء ، صرف صحي، كهرباء كافية، كما تتوفر فيه وسائل السلامة العامة، ويلاحظ أيضاً تنظيم توزيع مساحاته الداخلية بصورة منطقية سواء من ممرات منظمة بمساحات مناسبة وأن يكون عدد الغرف مناسب لحجم العائلة، كما يجب أن يكون

- بعيداً عن الضوضاء وفي موقع ملائم.[2]
- بالنالي يجب أن يحقق المسكن الإحتياجات الأساسية التي تخص الأسرة:
- (1) الحصول على مسكن بمساحة مناسبة للاحتجاجات الفعلية للأسرة فلا يكون كبيراً فيؤدي للإسراف في الإنشاء ولا صغيراً فيؤدي إلى عدم راحة الأسرة.
 - (2) تضمن المسكن للفراغات الوظيفية للأسرة كالمعيشة والمطبخ ودورات المياه وغرف النوم والتمييز بين هذه الفراغات الضرورية وبين الأخرى قليلة الاستخدام.
 - (3) تحديد الحاجة لكل عنصر ومدى استمرار الحاجة إليه وتحديد المساحة الكافية والمناسبة له دون التقليل أو الإفراط.[8]

2-3-1- عناصر المسكن الرئيسية:

إن نشاطات السلوك الإنساني في البيئة السكنية تحدده الفراغات الثابتة حيث يدخل في تكوينها النشاط السيكولوجي والثقافي له، فاللتوظيف الفراغي للمسكن يتحدد بمكان الطعام ومكان النوم ومكان للتحدث ومكان للقراءة. وقد قسم المسكن من وجهة نظر معمارية إلى:

. عناصر انتفاع: (نوم - معيشة - صالون - طعام).

. عناصر اتصال: (ممر - مدخل).

. عناصر خدمة: (مطبخ - حمام - مخزن).

بينما قسم البعض المسكن إلى ثلاثة أقسام رئيسية وهي:

. القسم الليلي : وهو المساحة المخصصة لنوم أفراد الأسرة.

. القسم النهاري: ويخصص لاستراحة أفراد الأسرة، مقابلة الزوار ،تناول الطعام، واجتماع أفراد الأسرة.

. القسم الخدمي : ويخصص لتحضير الطعام، غسل الثياب، تخزين المواد التموينية وحفظ المواد المستخدمة في صيانة المنزل. [7]

2-3-2-أبعاد العملية التصميمية للأبنية السكنية:

إن نجاح العملية التصميمية للأبنية السكنية يرتبط بثلاث أبعاد ومتغيرات أساسية:

2-3-1-الاحتياج:

ويشمل:

- المتطلبات الفراغية من عناصر ومساحات و العلاقات بين هذه العناصر المختلفة.

- الأولويات المطلوب مراعاتها عند التصميم والعمليات المطلوب أدائها داخل المبني.

-أساليب الصيانة المطلوب توافرها والتجهيزات المطلوبة داخل المبني.

-البيئة الداخلية والخارجية المطلوب توفيرها.[7]

ويمكن تقسيم الاحتياج إلى:

• الاحتياجات الإنسانية في تصميم المسكن :

إن الهدف الأساسي لعمل المعماري هو تلبية الاحتياجات الإنسانية وترجمتها إلى احتياجات فضائية تتلاعماً مع الأنشطة المختلفة. تتنوع هذه الاحتياجات الأساسية للإنسان وتختلف في مستوياتها بناءً على ثقافة الفرد. تنشأ هذه الاحتياجات نتيجة التفاعل بين الإنسان والبيئة المحيطة به. ومع تطور المجتمع، يصبح من الضروري أن يوفر المبني ما هو أكثر من مجرد الحماية من الظروف المناخية، بل يجب أن يضمن أيضاً الراحة الكاملة للمستخدمين، لا سيما الشعور بالراحة الحرارية، والتي تُعد حاجة فيزيولوجية أساسية للإنسان. يؤدي الابتعاد عن هذه الراحة لفترات طويلة إلى مخاطر صحية، وقد تم تحديد نطاق الراحة المثالية بدرجات حرارة تتراوح بين 24 و 27 درجة مئوية، وبنسبة رطوبة نسبية تتراوح بين 30 و 60%. ووفقاً لنظرية أبراهام ماسلو، عالم النفس الأمريكي، فإن الاحتياجات الأساسية للإنسان تتجسد في شكل هرم، حيث يلزم إشباع الاحتياجات الأدنى درجة قبل الانتقال إلى إشباع الاحتياجات الأعلى.[2]

وبالتالي يجب على المسكن تحقيق الاحتياجات السكنية الإنسانية التي بدورها لها أوجه متعددة. الجسدية المتعلقة بتوفير الحماية من الأجواء الغير ملائمة والاحتياجات السيكولوجية كالحاجة للأمان، بالإضافة لتأثير المعايير الثقافية للأسرة والمجتمع على تصميم المسكن:

الاحتياجات الجسدية: وهي الاحتياجات الأساسية التي يشترك فيها جميع البشر كالأكل والتنفس والنوم والحماية من المخاطر والتي يجب على المسكن توفيرها لفاطئيه.

الحاجة للأمان والاطمئنان

الاحتياجات الاجتماعية: يلعب المسكن دوراً هاماً في إشباع الاحتياجات الاجتماعية حيث أن المسكن هو مركز حياة الأسرة وفيها ينمو المرء ويتطبع اجتماعياً.[7]



الشكل 6: هرم ماسلو للاحتياجات الإنسانية[39]

• الاحتياجات الفنية الجمالية في تصميم المسكن

الإبداع الفني هو غريرة فطرية شعر بها الإنسان منذ بداية التاريخ، حيث بدأ يزين جدران كهوفه ومنازله الشعبية بالرسومات والزخارف ذات الألوان الزاهية. يُعتبر المسكن وسيلة لتوفير الحماية من الظروف الطبيعية والراحة المادية، إضافة إلى توفير المتعة البصرية. تُصنف

المساكن بناءً على عدة عناصر يمكن من خلالها التمييز بين مسكن وآخر، مثل طريقة التجميع، عدد الطوابق، المساحة، الموقع، شكل كتلة المبني، الطابع المعماري، وتصميم الغلاف الخارجي.[2]

• الاحتياجات الوظيفية المادية في تصميم المسكن:

تشمل العناصر الوظيفية في تصميم المسكن العلاقات الفضائية والمساحات المناسبة، بالإضافة إلى الأنظمة الإنشائية والتكنولوجيا الحديثة بجميع تطبيقاتها. تتحقق العناصر التشكيلية والمادية أهدافاً حسية مادية اقتصادية تُعرف بالعناصر الوظيفية. ولكي نحكم على مبني معين، يجب فهم الفكر التصميمي له لإدراك مدى ملائمة الشكل المعماري للغرض الذي أُنشئ من أجله، وكذلك اكتشاف تواافق المبني وتوزيعه الداخلي وشكله الخارجي مع المنظومة المنطقية للفراغات ومع التناقضات البيئية والمادية المحيطة. لكي يكون المبني ناجحاً، يجب أن يحقق وظيفتين أساسيتين: التحكم في الظروف البيئية المحيطة واحتواء الأنشطة الحياتية. يتم تقييم الأداء الوظيفي للمسكن على أساس تحقيقه لهذه الوظائف، والتي تتحقق من خلال التصميم المعماري في الجوانب التشكيلية والجوانب الإنسانية.[7]

3-2-2-البيئة:

تتضمن البيئة جميع الظروف المحيطة وتشمل:

الموقع والحدود، المناخ العام للمنطقة والخاص بالموقع، المباني المجاورة، الخدمات المتوفرة، قوانين وتشريعات البناء.[2]

3-2-3-الشكل:

أي التكوين العام للبناء السكني ويشمل الوحدة والحركة والإضاءة واللون ويجب أن يراعي الهوية الثقافية للمكان وللأسرة. [7]

2-3-العوامل المؤثرة في اختيار الوحدة السكنية:

تؤثر عدة عوامل على اختيار المسكن وتباين بناءً على رغبة ومتطلبات الفرد والأسرة. ومن أبرز هذه العوامل:

1. حجم الأسرة.
2. دخل الأسرة.
3. نمط الوحدة المطلوبة من قبل الأسرة.
4. موقع الوحدة السكنية.
5. عمر الوحدة السكنية. [3]

2-4-التغيرات المعاصرة في العمارة السكنية

مع تطور العمارة في البلدان المتقدمة، ابتعدت العمارة السكنية عن التصميم التقليدي المعتاد. ومع ظهور اتجاهات وتغيرات جديدة، تغيرت الاحتياجات الوظيفية وأصبح التعبير عن الذات ضرورة للمستهلكين. لم تعد المساحة السكنية محددة بمتغيرات مثل خصائص ووظائف نوع المساحة، بل يمكن أن تعبّر عن تصميمات مختلفة تعكس أدوات السكان وتفضيلاتهم. وبالتالي، فإن الطلبات النوعية والكمية للمساحات السكنية في المجتمع الحديث متعدة ومعقدة للغاية، ولم تعد المساحة السكنية مجرد مساحة لتحقيق الوظيفة، بل تحقق أيضاً قيمة جمالية للبشر.

لتحقيق هذه القيم الجمالية، من الضروري إجراء فحص أساسي لشخصيات واختلافات المقيمين في المساحات السكنية. هذا يعني ضرورة التعامل مع الطلب على الإسكان بتصاميم تحمل الطابع الذاتي لكل مستخدم، بدلاً من النماذج الموحدة. في السنوات الأخيرة على وجه الخصوص، لم تعد مهمة المهندسين المعماريين تصميم منازل الدرجة الأولى فحسب، بل أيضاً منازل الطبقة المتوسطة. يتزايد الطلب على المنازل المصممة من قبل المهندسين

المعماريين بشكل كبير، مما أدى إلى هيمنة المنازل المنفصلة التي تهدف إلى تعظيم الخصائص الفردية للمقيمين على وحدات الإسكان المتعددة.

وبدأ الطلب يتزايد على تصميم المساكن التي تركز على تحقيق القيم الجمالية للشكل الخارجي، حتى لو لم تعكس هذه التكوينات وظيفتها السكنية. هذا الوضع يدفع المعماريين إلى البحث عن حلول مختلفة للمساكن ذات التصاميم الفريدة والمختلفة عن غيرها. لذلك، فإن السعي وراء الجماليات الشكلية للمباني السكنية لا ينجم فقط عن الرغبة الشخصية للمهندس المعماري، ولكنه مدحوم بمطالبات المستخدمين بأن يتم التعبير عن شخصياتهم في تصاميم مساكنهم.

يلاحظ تنوع وتعقيد الاحتياجات المادية في المسكن المعاصر، وتزايد الحاجة إلى التعبير عن الذات، إضافة إلى زيادة الطلب على التصميم الجمالي للمسكن في المجتمعات. [2]

2-5- سمات الأبنية السكنية المعاصرة:



الشكل 7: المبنى السكني بوسكو
فيرتكال في إيطاليا [44]

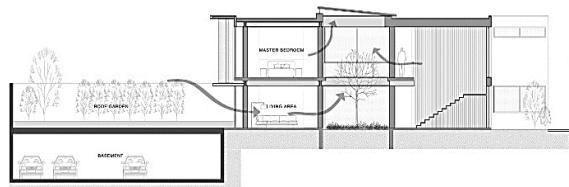
تشهد **الأبنية السكنية المعاصرة** تحولات جذرية تعكس التغيرات البيئية والاجتماعية والتكنولوجية التي يشهدها العالم اليوم. ففي ظل التحديات المتمثلة في التغير المناخي، والتحضر المتسارع، والتقدم التقني، أصبحت هذه الأبنية ليست مجرد مساحات للسكن، وإنما أنظمة متكاملة تهدف إلى تحقيق الاستدامة، والكفاءة، والرفاهية البشرية. تتميز العمارة السكنية الحديثة بعده سمات أساسية تتباين حسب التيارات المعمارية المعاصرة، وتتراوح بين اعتماد مواد بناء مبتكرة، وتوظيف التكنولوجيا الذكية، ومراعاة الجوانب الاجتماعية والثقافية، مما يجعلها مرآةً لعصرها. [11]

تُعد الاستدامة البيئية الركيزة الأساسية في تصميم الأبنية المعاصرة، حيث أصبحت معايير مثل تقليل البصمة الكربونية، وترشيد استهلاك الطاقة والمياه، وحماية الموارد الطبيعية، جزءً لا يتجزأ من فلسفة التصميم. وتشمل ذلك استخدام مواد بناء صديقة للبيئة كالخرسانة

المعد تدويرها، والأخشاب المُهندسة (مثل الخشب الرقائقي المُصفح CLT)، والتي تقلل من الانبعاثات مقارنة بالمواد التقليدية. كما تُدمج حلول الطاقة المتجددة، مثل الألواح الشمسية وأنظمة التدفئة الجوفية، لتلبية احتياجات المبني دون الاعتماد الكلي على الشبكات المركزية. بالإضافة إلى ذلك، تُصمم الواجهات العازلة حرارياً، وتشتخدم أنظمة تكييف الهواء الذكية القائمة على استشعار الحركة لخفض الهدر. ولا يقتصر الأمر على الجانب المادي، بل يمتد إلى التصميم الحضري الذي يعزز المساحات الخضراء العمودية والأفقية، مثل أسطح المباني المزروعة، والتي تساهم في تنقية الهواء وتقليل الآثار الحرارية السلبية. مثلاً على ذلك مسكن بوسكو فيرتكال في إيطاليا. [11]

يبيرز استخدام التكنولوجيا الذكية كسمة محورية في الأبنية السكنية المعاصرة، حيث تحولت المنازل إلى كيانات "ذكية" متصلة بشبكات إنترنت الأشياء (IoT). فأنظمة الإضاءة والتدفئة والتأمين تدار عن بعد عبر تطبيقات الهواتف الذكية، مما يوفر راحةً استثنائية ويفقد من الهدر عبر تحليل أنماط الاستخدام. كما تُدمج أجهزة الاستشعار لمراقبة جودة الهواء الداخلي، والكشف عن التسربات المائية أو الغازية، مما يعزز الأمان الوقائي. كما في مبني 520 West 28th في مدينة نيويورك. ومن الناحية الإنسانية، تُستخدم تقنيات مثل نمذجة

الشكل 8: المبني السكني 520 West 28th في مدينة نيويورك من تصميم مكتب زها حديد تم دمج التكنولوجيا في تصميمه وتشغيله [11]



الشكل 9: منزل مانيلا الجديد في الفلبين والمعالجات البيئية الطبيعية فيه [11]

تقلل الاعتماد على الإضاءة الاصطناعية وتعزز الصحة النفسية. وتلعب مفاهيم مثل

معلومات البناء (BIM) لتحسين

الخطيط وتقليل الأخطاء أثناء التنفيذ، بينما تتيح الطباعة ثلاثية الأبعاد إنشاء هيكل معقدة بتكلفة وزمن أقل. [11]

ويتميز التصميم السكني المعاصر بالمرنة والانفتاح الوظيفي، حيث تختفي الجدران الثابتة لصالح مساحات مفتوحة قابلة للتعديل وفق احتياجات السكان المتغيرة. فالشقق الحديثة غالباً ما تُصمم بمساحات متعددة الاستخدام، يمكن تحويلها من منطقة عمل إلى منطقة استرخاء بسهولة. كما يُعطي اهتمام كبير للإضاءة الطبيعية عبر النوافذ الكبيرة والفتحات السماوية (Skylights)، والتي

32

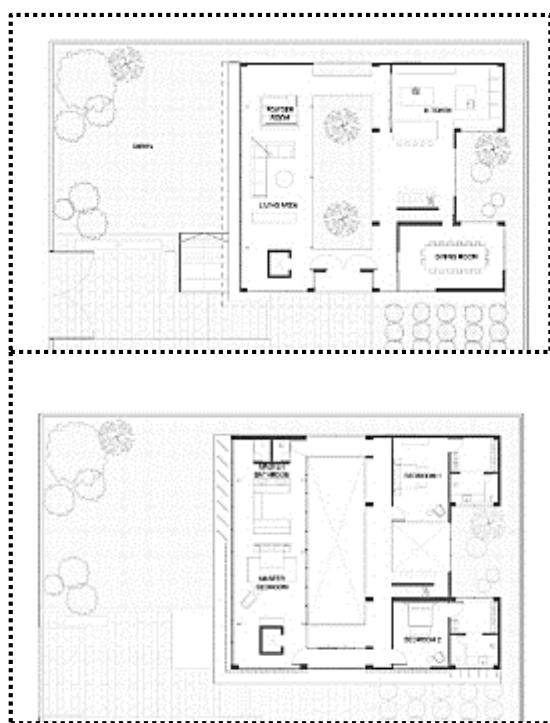
"التصميم الحيوي" (Biophilic Design) دوراً في دمج العناصر الطبيعية داخل المسكن، كالجدران الخضراء والمواد العضوية، لتعزيز الاتصال بين الإنسان والطبيعة. كما يظهر في منزل مانيلا الجديد في الفلبين. [11]

الشكل 10: مساقط منزل مانيلا الجديد في الفلبين تظهر فيه الفراغات المفتوحة [11]

بينما تظهر الأبعاد الاجتماعية والثقافية في العمارة المعاصرة عبر تصميم مجمعات سكنية تشجع التفاعل المجتمعي، مثل توفير مساحات مشتركة للعمل أو الترفيه، ومرافق رياضية متكاملة. مع ذلك، تواجه الأبنية المعاصرة تحديات، أهمها التكلفة العالية للمواد والتقنيات المتقدمة، مما

قد يعمق الفجوة بين الطبقات الاجتماعية. كما أن الاعتماد المفرط على التكنولوجيا يطرح تساؤلات حول الخصوصية وأمان البيانات.

بالإضافة إلى ذلك، هناك حاجة مستمرة لتطوير تشريعات بناء تدعم الابتكار دون إغفال المعايير الأخلاقية. [11]



تمثل الأبنية السكنية المعاصرة استجابةً متعددة الأوجه لمتطلبات القرن الحادي والعشرين، حيث تجمع بين الابتكار التكنولوجي، والمسؤولية البيئية، والإنسانية الاجتماعية. ولا شك أن نجاحها مرهون بقدرتها على تحقيق التوازن بين هذه الجوانب، دون إغفال البعد الجمالي الذي يجعل من السكن ليس مأوى فحسب، بل فضاءً للإلهام والرفاية.[11]

3- الذكاء الاصطناعي والأبنية السكنية:

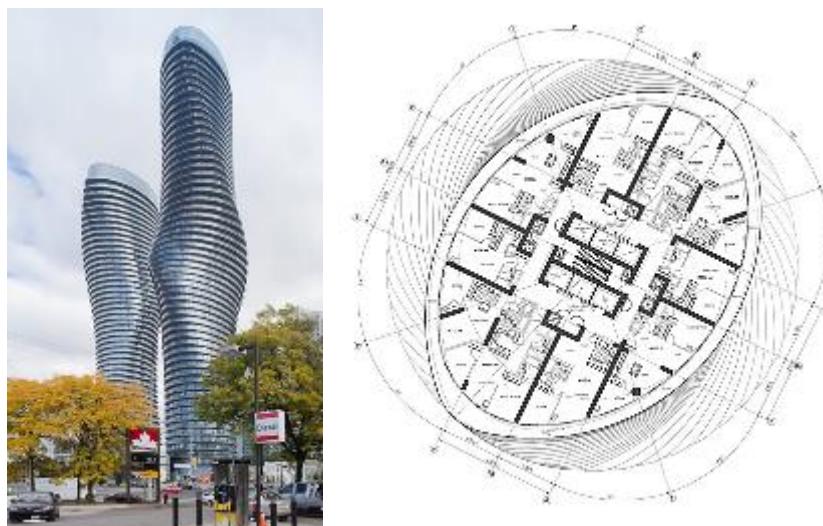
في السنوات الأخيرة، أصبح الذكاء الاصطناعي (AI) ركيزةً أساسيةً في تطوير العمارة السكنية، حيث يحدث تحولات جذرية في عمليات التصميم والتنفيذ وإدارة المشاريع. يعمل الذكاء الاصطناعي على تمكين المهندسين المعماريين من تجاوز الحدود التقليدية عبر دمج الخوارزميات المتقدمة وتحليل البيانات الضخمة، مما يعزز الإبداع ويحسن الكفاءة الوظيفية والاستدامة. على سبيل المثال، تُستخدم أدوات مثل (Midjourney) لإنشاء تصورات معمارية واقعية بناءً على أوصاف نصية، مثل التصميمات الحديثة للفلل المطلة على الشواطئ أو المساكن الذكية المدمجة مع الطبيعة، مما يُسرّع عملية التواصل مع العملاء ويفّلّ الوقت المستغرق في المراحل الأولية من التصميم.[21][22]



الشكل 11: صور لأبنية سكنية مولدة عن طريق نصوصي[18]

كما تشهد تقنيات التصميم البارامטרי المدعومة بالذكاء الاصطناعي في توليد أشكال معقدة تكيف مع الظروف البيئية، مثل المساكن ذات الواجهات النباتية العمودية التي تحسن العزل الحراري وتقلل استهلاك الطاقة. كما في أبراج The Absolute Towers في ميسيسوجا.

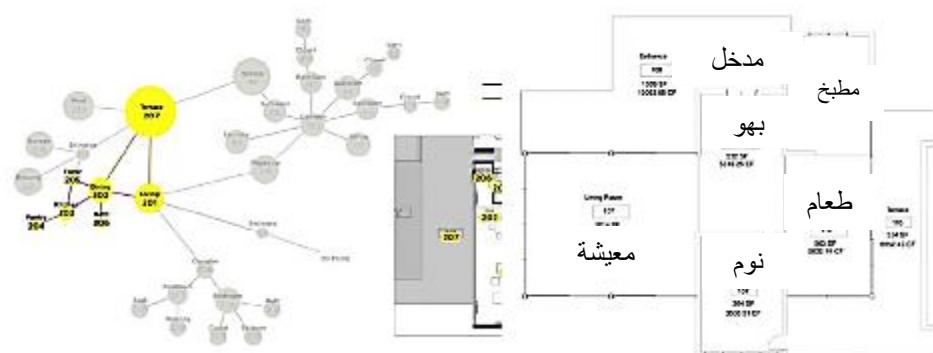
[25]



الشكل 12: صورة ومسقط أفقى نموذجي للأبراج السكنية The Absolute Towers في ميسيسوجا، أونتاريو، كندا المصممة باستخدام تقنيات التصميم البارامטרי [14]

أحد التطبيقات البارزة هو دمج الذكاء الاصطناعي مع (نمذجة معلومات البناء (BIM))، حيث تُحلل الخوارزميات البيانات الهيكيلية والمناخية لتحسين توجيه المبني وتوزيع المساحات الداخلية. على سبيل المثال، يمكن لبرامج مثل (Revit) المدعومة بالذكاء الاصطناعي اقتراح تعديلات تلقائية على التصميم لتعزيز كفاءة الطاقة، مثل تحسين تدفق الضوء الطبيعي أو تخفيض الاعتماد على أنظمة التكييف. وفي مشاريع مثل (RiverSouth) في تكساس، تم استخدام أجهزة استشعار ذكية وأنظمة تحكم آلية لمراقبة أداء المبني في الوقت الفعلي، مما أدى إلى خفض استهلاك الطاقة بنسبة تصل إلى 30% [10] [17] [33].

على مستوى التصميم الداخلي، تقدم منصات مثل (DALL-E) و (StarryAI) حلولاً مبتكرةً تسمح للمستخدمين بـ**توليد تصاميم مخصصة** بناءً على تفضيلاتهم الشخصية. فعند إدخال معايير مثل عدد الغرف أو النمط المعماري، يُنجز الذكاء الاصطناعي عشرات الخيارات التي يمكن تعديلها تفصيلاً، مما يُسهل عملية التصميم ويجعلها في متناول غير المتخصصين. بالإضافة إلى ذلك، تُستخدم تقنيات الواقع الافتراضي (VR) والواقع المعزز (AR) المدعومة بالذكاء الاصطناعي لإنشاء جولات تفاعلية تسمح للعملاء بتجربة المساحات قبل بنائها، مما يُقلل من الأخطاء التصميمية ويعزز رضا العملاء. [24] [17]



الشكل 13: استخدام تقنية الواقع الافتراضي في تصميم الأبنية السكنية. [23]



الشكل 14: توليد مسقط لمبنى سكني عن طريق الذكاء الاصطناعي باستخدام قواعد تقسيم المناطق. [9]

في سياق الاستدامة، يُسهم الذكاء الاصطناعي في تحليل دورة حياة المواد و اختيار البديل الأكثـر مراعـاة للبيـئة. على سبيل المثال، طور باحثون في (جامعة شينزن) خوارزميات تُحلـل بيانات المناخ المـحـلي لـتصـمـيم واجـهـات مـبـنيـة عـلـى المـوـاد المـعـاد تـدوـيرـها، مما يـقـلل البـصـمة الكـربـونـية لـالمـشـارـيع السـكـنـية بـنـسـبـة تـصـل إـلـى 25%. كما تـسـتـخـدـم الروـبـوـنـات ذاتـيـة التـحـكـم فـي مـوـاقـع الـبـنـاء لـأـتـمـتـة المـهـام المتـكـرـرة مـثـل اللـحـام أو الصـبـ، مما يـعـزـز السـلـامـة وـيـقـلل الفـاـقـد فـي المـوـاد. [10]



كـما تـحـظـى تـكـنـوـلـوـجـيا الطـبـاعـة ثـلـاثـيـة الأـبـعـاد، وـالـمـعـرـوـفـة أـيـضـاً بـاسـم التـصـنـيـع الإـضـافـي أو الرـقـمي، باهـتـمـام متـزـدـيد فـي الـبـنـاء وـالـتـشـيـيد، وـخـاصـة بـالـنـسـبـة لـلـمـبـانـي السـكـنـية. تـتـضـمـن هـذـه الطـرـيـقـة بنـاء طـبـقـة تـلـو الأـخـرـى، مما يـسـمـح بـعـمـلـيـات بنـاء دـقـيقـة.

الشكل 15: منزل تـيـكـلا المستـدام المـطـبـوع فـي إـيطـالـيا [43]
وـفـعـالـة من حيث التـكـلـفـة. يـعـد ظـهـور الطـبـاعـة ثـلـاثـيـة الأـبـعـاد فـي الـبـنـاء بـإـحـرـاز تـقـمـ كـبـيرـ من حيث مـرـونـة التـصـمـيم وـكـفـاءـة المـوـاد وـالـاستـدـامـة.

للـطـبـاعـة ثـلـاثـيـة الأـبـعـاد تـأـثـير عـمـيق عـلـى النـجـاح الإـجمـالـي لـلـمـشـرـوع (OPS) لـمـشـارـيع الـبـنـاء السـكـنـية من خـلـال تـحـسـين الأـبـعـاد المـتـعـلـقـة بـالـمـشـرـوع مـثـل النـكـلـفـة وـالـوقـت وـالـجـوـدـة وـالـسـلـامـة وـالـاسـتـدـامـة ما يـدـل عـلـى آـثـار إـيجـابـية لـلـغـاـيـة فـي الأـبـعـاد البيـئـيـة وـالـسـلـامـة.

يمـكـن تـحـقـيق التـقـوـيـع المـعـمـاري من خـلـال الطـبـاعـة ثـلـاثـيـة الأـبـعـاد جـنـبـاً إـلـى جـنـبـ مع التـصـمـيم الرـقـمي وـالـبـنـاء الـآـلـي. وـذـلـك عـن طـرـيـق منـهـج بـرـمـجـة حدـودـي يـسـتـوـعـب الـاحـتـيـاجـات السـكـنـية



المتنوعة على أساس الاختلافات الثقافية والمناخية والمهنية. تهدف هذه المنهجية إلى التغلب على تجانس تصاميم المساكن التقليدية من خلال تعزيز التخصيص والقدرة على التكيف.

هناك عدة مزايا لاستخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد، مثل تقليل وقت البناء، وانخفاض التكاليف، وتقليل هدر المواد. بالإضافة للمرنة في التصميم التي توفرها الطباعة ثلاثية الأبعاد، مما يسمح بأشكال هندسية معقدة ودمج مواد مختلفة لتناسب متطلبات المسكن المحدد. [11]

يشكل الذكاء الاصطناعي أداة تحويلية في العمارة السكنية، حيث يوازن بين الابتكار والكفاءة من جهة، والتحديات الأخلاقية والتقنية من جهة أخرى. يتطلب الاستغلال الأمثل لهذه التقنيات وضع أطر تشريعية واضحة وتعزيز التعاون بين المطورين والمهندسين لضمان أن تظل التصاميم السكنية مرآة للإبداع البشري، وليس مجرد نتاج خوارزميات باردة.

الشكل 16: أبنية سكنية مبنية باستخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد. [11]

مع هذه الإمكانيات، تبرز أيضاً تحديات جوهرية، مثل القضايا القانونية المتعلقة بحقوق الملكية الفكرية للتصاميم المولدة بالذكاء الاصطناعي. ففي الولايات المتحدة، ألغت (مكتبة الكونغرس) حقوق النشر لبعض الأعمال المنتجة بالكامل بواسطة الذكاء الاصطناعي، مما يطرح تساؤلات حول مسؤولية المهندسين عن التصاميم المستوحاة من هذه التقنيات. كما أن الاعتماد المفرط على الذكاء الاصطناعي قد يهدد الإبداع البشري، حيث يُحذّر خبراء من فقدان "اللمسة الإنسانية" في التصاميم إذا اقتصرت العملية على الخوارزميات دون تدخل المختصين.[10]

رغم هذه التحديات، تشير الدراسات إلى أن دمج الذكاء الاصطناعي في العمارة السكنية سيستمر في النمو، خاصة مع تطور تقنيات مثل التعلم المعرفي التي تسمح لأنظمة بالتعلم من التجارب السابقة وتحسين التصاميم تلقائياً. على سبيل المثال، تعمل شركة (Arktura) على مشاريع تُدمج بين الذكاء الاصطناعي والتصميم البشري لإنشاء واجهات مبنية على تحليل سلوك المستخدمين، مما يُعزز التفاعل بين المساحات والسكان. وفي الخليج العربي، تُخطط مدن مثل (نيوم) لاستخدام الذكاء الاصطناعي في تصميم مجتمعات سكنية ذكية تتكيف مع الظروف الصحراوية القاسية عبر أنظمة تبريد ذكية ومواد بناء متقدمة.[19]



الشكل 17 : الشقق السكنية المتكيفة مع التضاريس في تروجينا بمدينة نيوم [42].

4- النتائج العامة:

1. الذكاء الاصطناعي أتاح مرونة غير مسبوقة في التصميم المعماري السكني، حيث مكّن من توليد تصاميم معقدة ومبتكرة تكيف مع الظروف البيئية والاجتماعية، مثل الواجهات الديناميكية والمساحات الذكية التي تستجيب لاحتياجات السكان.
2. تعقيدات التصميم لا تؤثر على كفاءة التنفيذ بفضل أدوات مثل التصميم البارامترى ونمذجة معلومات البناء(BIM) ، التي تحول الأفكار المعقدة إلى نماذج قابلة للتنفيذ بدقة عالية وتكلفة مُحسنة. بالإضافة لأثرها الإيجابي في تحقيق الاستدامة في المساكن.
3. الذكاء الاصطناعي يتميز بمطابقة التصميم مع التبؤات الوظيفية، مثل تحليل أداء الطاقة مسبقاً، مما يقلل الأخطاء ويزيد من فعالية المباني السكنية.
4. قدرة الذكاء الاصطناعي محدودة بجودة البيانات المدخلة، مما قد يؤدي إلى تصاميم سكنية غير ملائمة إذا كانت البيانات غير دقيقة أو منحازة.
5. الذكاء الاصطناعي يختصر وقت التصميم الأولي مما يجعله أداة مثالية للمشاريع السكنية العاجلة، مثل إسكان الأزمات أو التوسيع الحضري السريع.
6. التصاميم المدعومة بالذكاء الاصطناعي تقلل تكاليف البناء للأبنية السكنية عبر تحسين استخدام المواد وتقليل الهدر، مما يجعلها مناسبة للمجتمعات محدودة الدخل.
7. التصاميم الذكية تعزز الاستدامة البيئية في الأبنية السكنية من خلال دمج أنظمة الطاقة المتجددة وتحسين العزل الحراري، مع إمكانية إعادة تدوير المكونات الرقمية.
8. الذكاء الاصطناعي يقلل الأخطاء البشرية في التنفيذ عبر أتمتة العمليات الحسابية والإنسانية، لكنه لا يزال بحاجة إلى إشراف بشري لتجنب الأخطاء الخوارزمية.
9. إحدى سلبيات الذكاء الاصطناعي صعوبة تعديل التصاميم المُولدة آلياً، خاصة إذا اعتمدت على خوارزميات مغلقة المصدر.
10. تكلفة تطوير منصات الذكاء الاصطناعي المتخصصة مرتفعة، مما يحد من انتشارها في البلدان النامية.

5-الوصيات:

1. تشجيع الحكومات وشركات البناء على تبني الذكاء الاصطناعي في المشاريع الهندسية
2. تسهيل الوصول إلى منصات الذكاء الاصطناعي مفتوحة المصدر للحد من التكاليف وتمكين المهندسين من الاستفادة منها دون قيود.
3. توظيف الذكاء الاصطناعي في إعادة الإعمار وإسكان الكوارث بسبب سرعته في تقديم حلول مُحسّنة زمنياً ومالياً.
4. إدراج مناهج تعليمية عن الذكاء الاصطناعي في كليات الهندسة المعمارية في سوريا لإعداد جيل جديد من المهندسين القادرين على دمج التقنية في الممارسة العملية.
5. تعزيز البحث الأكاديمي في المواضيع المتعلقة بالذكاء الاصطناعي.

8-المراجع:

1. Abd El Fattah Ammar, Zakaria. "Artificial intelligence and its role in accelerating decision-making processes in architectural design." *International Journal of Architectural Engineering and Urban Research* (2023)
2. Al-Ashraf, Rania. "Sculpture and Its Impact on Form and Function in Contemporary Residential Architecture." Master's Thesis, Faculty of Architectural Engineering, Homs University, 2024.
3. Al-Qaisi, Kameela Ahmed Abdul Sattar. "Housing Lecture (2)." Department of Architecture, College of Engineering, Al-Mustansiriya University, Iraq, 2020.
4. Al-Qaisi, Kameela Ahmed Abdul Sattar. "Housing Lecture (5)." Department of Architecture, College of Engineering, Al-Mustansiriya University, Iraq, 2020.
5. Al-Qaisi, Kameela Ahmed Abdul Sattar. "Housing Lecture (7)." Department of Architecture, College of Engineering, Al-Mustansiriya University, Iraq, 2020.
6. Al-Razi, Muhammad ibn Abdul Qadir. "Al-Mukhtar Al-Sihah," Al-Nouri Library, Damascus, p. 307.
7. Al-Tatan, Hiba Bashar. "Exploiting the Third Dimension in the Design Process to Achieve Implicit Increase in Limited Space Housing." Master's Thesis, Faculty of Architectural Engineering, Homs University, 2022.

8. Asila, Iman Mohammed. "The Role of Architectural and Urban Design in Achieving Security and Safety Systems in Residential Buildings (A Case Study of Syria)." Master's Thesis, Faculty of Architectural Engineering, Homs University, 2022.
9. Hegazy .Muhammad, Saleh .Ahmed. "Evolution of AI role in architectural design: between parametric exploration and machine hallucination" MSA ENGINEERING JOURNAL. Volume 2 Issue 2, E-ISSN 2812-4928, P-ISSN 28125339 (<https://msaeng.journals.ekb.eg/>).2023
10. Li, Yangluxi, Huishu Chen, Peijun Yu, and Li Yang. 2025. "A Review of Artificial Intelligence in Enhancing Architectural Design Efficiency" *Applied Sciences* 15, no. 3: 1476. <https://doi.org/10.3390/app15031476>
11. Moussa, Edwar Antoin. "Contemporary Architectural Trends and Their Impact on the Design of Residential Buildings." Master's Thesis, Faculty of Architectural, Homs University, 2024.
12. Mustafa Ibrahim, Dr. Fayrouz. "The Emergence of Housing in Cities." College of Engineering, Tripoli.
13. Qabqibo, Lama Farhan. "The Relationship Between the Environment and the Design of Residential Buildings in the Context of Reconstruction (A Case Study of Homs)." Doctoral Dissertation, Faculty of Architectural Engineering, Homs University, 2023.

- 14."Absolute Towers / MAD Architects" 12 Dec 2012. ArchDaily.
Accessed 17 Jul 2024.
<<https://www.archdaily.com/306566/absolute-towers-mad-architects>> ISSN 0719-8884
- 15.<https://aws.amazon.com/what-is/artificial-intelligence/>
- 16.<https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/ethics-guidelines-trustworthy-ai>
- 17.<https://gbdmagazine.com/ai-in-architecture/>
- 18.<https://illustrarch.com/articles/29913-design-process-of-parametric-architecture-building.html>
- 19.<https://jeseco-co.com/artificial-intelligence-in-construction/>
- 20.<https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/2053951716679679>
- 21.<https://parametric-architecture.com/futurist-architecture-modern-cities/>
- 22.https://parametric-architecture.com/role-of-ai-in-shaping-modern-home-design/?srsltid=AfmBOoq2cjxF_Cgq1SfA6_G4lwYCySosgZUpz3DL4cjX_PGZRWL6mbi2
- 23.<https://rubygarage.org/blog/virtual-reality-in-real-estate>
- 24.<https://site.co-architecture.com/artificial-intelligence-ai/how-architects-are-using-ai-to-design-homes/>
- 25.<https://site.co-architecture.com/artificial-intelligence-ai/how-architects-are-using-ai-to-design-homes/>

26. <https://st.llnl.gov/news/look-back/birth-artificial-intelligence-ai-research>
27. <https://web.stanford.edu/~jurafsky/slp3/>
28. <https://www.aljazeera.net/blogs/2024/11/4/%D9%86%D8%B4%D8%A3%D8%A9-%D8%A7%D9%84%D8%B0%D9%83%D8%A7%D8%A1-%D8%A7%D9%84%D8%A7%D8%B5%D8%B7%D9%86%D8%A7%D8%B9%D9%8A-%D9%88%D8%AA%D8%B7%D9%88%D8%B1%D9%87>
29. <https://www.aucklanddesignmanual.co.nz>
30. <https://www.calmu.edu/news/future-of-artificial-intelligence>
31. <https://www.deeplearningbook.org/>
32. <https://www.ibm.com/think/topics/history-of-artificial-intelligence>
33. <https://www.mdpi.com/2076-3417/15/3/1476>
34. <https://www.nature.com/articles/nature21056>
35. <https://www.pearson.com/en-us/subject-catalog/p/artificial-intelligence-a-modern-approach/P200000003472/9780137505135>
36. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2451958823000520>
37. <https://www.tableau.com/data-insights/ai/history>
38. <https://www.thehomesdirect.com/blog/residential-types-types-of-residential-buildings>

- 39.<https://www.waqi3.com/2016/12/blog-post.html>
- 40.www.caddownloadweb.com
- 41.<https://arxiv.org/abs/1604.07316>
- 42.<https://www.neom.com/ar-sa/regions/trojena/resident>
- 43.<https://www.archdaily.com/960714/tecla-technology-and-clay-3d-printed-house-mario-cucinella-architects>
- 44.<https://www.studiocontin.com/bosco-verticale>

الدراسة الهيدروليكي للموجة الفيضانية الناجمة عن المفيض الجانبي لسد الأبرش

اسم الباحث: حسين الحسين
الدكتور المشرف: د. شعبان حديد
المشرف المشارك: د. مرتضى علي

الملخص

يهدف البحث إلى تسلیط الضوء على حالات الفيضان الناجمة عن تصميم مفيضات السدود بقدرة تصريفية لا تتناسب مع القدرة الاستيعابية لمجرى نهر الأبرش مما يؤدي إلى فيضان المياه خارج حدود المجرى وتعرض بعض المناطق للغرم. حيث تناول البحث دراسة الموجة الفيضانية التي تتعرض لها الأراضي الممتدة على جانبي نهر الأبرش من السد وحتى مصب النهر في البحر الأبيض المتوسط وذلك عند تشغيل المفيض الجانبي بقدرتة التصريفية العظمى بالتزامن مع المفرغين السفليين لسد الأبرش وذلك بتصریف كلي يبلغ (564m³/sec) والذي يعتبر أكبر من القدرة الاستيعابية للمجرى خلفه والتي لا تتجاوز في أفضل مقاطعة (80m³/s) مما يتسبب بحدوث فيضانات متكررة في المنطقة.

تم اجراء الدراسة من خلال بناء نموذج طبوغرافي رقمي للمنطقة المدروسة ضمن بيئة (GIS) وذلك بالاعتماد على الأداة (Hec-GeoRas) التي تسمح بتصدير النموذج إلى برنامج التحليل النهري (Hec-Ras) لإجراء عملية المعايرة والدراسة الهيدروليكيه، ومنه تم تحديد كافة الآثار الناجمة عن الموجة الفيضانية ومدى تأثيرها على القرى والمنشآت والطرق الواقعة ضمن منطقة الدراسة، حيث تبين أن الجزء الأخير من النهر هو الأكثر تأثراً من حيث عرض الغمر وذلك بسبب سهولة المنطقة بالإضافة للتشوهات الحاصلة في ضفاف المجرى، كما أن سرعة الجريان تجاوزت في بعض المقاطع (4m/s) مما يؤدي

لجرف التربة وإلحاق الضرر بالأراضي الزراعية والممتلكات، كما أن الموجة الفيضانية تتسبب في قطع حركة السير على جميع الطرقات التي تتقاطع مع المجرى حيث تراوحت ارتفاعات الغمر الأعظمية بين (3.1 – 1.55)m.

الكلمات المفتاحية: الموجة الفيضانية _ سد الأبرش _ المعايرة الهيدروليكية _ جريان غير مستقر _ برنامج التحليل النهرى

The Hydraulic Study of Flood Wave Resulting from the Side Spillway of Al-Abrash Dam

Abstract

The research aims to shed light on the flooding cases resulting from the design of dam spillways with a discharge capacity that is not commensurate with the carrying capacity of the channel behind it, which leads to water overflowing outside the channel boundaries and submerging some areas. The research dealt with the flood wave that the lands extending on both sides of the Abrash River are exposed to, from the dam to the river mouth in the Mediterranean Sea, when the side spillway is operated at its maximum discharge capacity in conjunction with the two lower discharges of the Abrash Dam, with a total discharge of (564 m³/sec), which is considered greater than the carrying capacity of the channel behind it, which does not exceed (80 m³/s) in the best district, which causes recurrent flooding in the region.

The study was conducted by building a digital topographic model of the studied area within a GIS environment, relying on the Hec-GeoRas tool, which allows the model to be exported to the river analysis program (Hec-Ras) for calibration and hydraulic study. From this, all the effects resulting from the flood wave and the extent of its impact on the villages, facilities and roads located within the study area were determined. It was found that the last part of the river

is the most affected in terms of the width of the flood due to the flatness of the area in addition to the distortions occurring in the banks of the river. Also, the flow speed exceeded (4 m/s) in some sections, which leads to soil erosion and damage to agricultural lands and property. The flood wave also causes traffic disruption on all roads intersecting with the river, as the maximum flood heights ranged between (1.55 - 3.1 m).

Keywords: Flood Wave - Al-Abrash Dam - Hydraulic Calibration - Unstable Flow - River System Analysis Program

1. مقدمة

تعتبر فيضانات الأنهر واحدة من أكبر المشاكل التي تواجه الإنسان منذ أقدم العصور لما لها من آثار مدمرة على الممتلكات والأراضي والتربة والمزروعات، فحاول السيطرة عليها من خلال بناء السدود والحواجز المجهزة بمفرغات ومفيضات الهدف منها تفريغ المياه الزائدة من بحيرة السد إلى المجرى خلفه، حيث تتكون المناطق خلف السد في معظم الأحيان من مجاري متغير المقطع وغالباً ما توجد على جوانبه تجمعات سكنية أو فعاليات اقتصادية كالمنشآت المدنية والمعماري والأراضي الزراعية، وعند حدوث ارتفاع لمنسوب المياه خارج حدود المجرى يحصل تدفق فيضائي متغير مع الزمن ينتقل في مجاري متغير المقطع متعدد التضاريس يختلف فيه الميل الطولي وبالتالي يكون الجريان الناتج غير منتظم وغير مستقر.

ومن هنا تأتي أهمية البحث من خلال تسلیط الضوء على مفهوم الفيضانات الناجمة عن تصميم مفيضات السدود بقدرة تصريفية أكبر من القدرة الاستيعابية للمجرى خلفه، حيث تزداد هذه المشكلة مع مرور الزمن نتيجة تراكم الرواسب في قاع المجرى والتهدم الحاصل في الضفاف ونمو الحشائش والنباتات، كما هو الحال في نهر الأبرش.

تم اجراء الدراسة من خلال بناء نموذج حاسوبي للمنطقة المدروسة، حيث تعرف النماذج الحاسوبية بأنها استخدام البرمجيات الهندسية في تمثيل الأشياء والواقع لتبني سير العمليات والتغيرات الحاصلة في منظومة معينة ضمن أساس وقواعد محددة، ولنمذاج الحاسوب قيمة

علمية عالية لأنها تسمح للباحث بدراسة سلوك واستجابة ظاهرة معينة في ظل ظروف لا يمكن تطبيقها على أرض الواقع [1].

2. هدف البحث

تحديد كافة عناصر ومتغيرات الموجة الفيضانية الناجمة عن تشغيل المفيض الجانبي لسد الأبرش بقدرته التصريفية العظمى.

3. الدراسات المرجعية:

3-1- تحديد العناصر الهيدروليكية للموجات الفيضانية الناجمة عن الهطلات المطرية واقتراح منشآت تنظيم لمجرى نهر الغمرة (2022) [3]

تهدف الدراسة إلى تقييم الخصائص الهيدرولوجية والهيدروليكية للموجات الفيضانية الناجمة عن العواصف المطرية ضمن مجرى نهر الغمرة. قام الباحث بتطوير نموذج تحليلي متكمال يعتمد على بيانات الأقمار الصناعية، والنماذج العددية، ونظم المعلومات الجغرافية (GIS).

استُخدم في الدراسة بيانات مستخرجة من الأقمار الصناعية اليابانية (ALOS) بالإضافة لمودج الارتفاعات الرقمية (DEM) لتوليد طبقة الأساس الطبوغرافية، ثم تم بناء قاعدة بيانات مكانية باستخدام (GIS) وبالتالي مع نظم الإسقاط تمت معالجة كافة البيانات المكانية. وجرى بعد ذلك تحويل هذه البيانات إلى تسيقات قابلة للاستخدام الهيدرولوجي من خلال الأداة (HEC-GEORAS).

استخدام الباحث برنامج (HEC-HMS) لمحاكاة العاصفة المطرية النموذجية، التي بلغت شدة هطلها (29.8) ملم خلال 24 ساعة ثم استخدم الأداة (HEC-GEORAS) لتجهيز البيانات المكانية والهندسية من أجل نمذجة الجريان باستخدام برنامج (HEC-RAS)، حيث تم إدخال معلومات مفصلة عن طبيعة مجرى النهر، والانحدارات، وخطوط الضفاف، وبيانات المنشآت كالمصبات والعبارات.

أظهرت نتائج المحاكاة أن الموجة الفيضانية الناتجة عن هذه العاصفة قد تصل سرعتها القصوى في بعض المقاطع الجبلية إلى (5.21m/sec)، في حين سجلت في مناطق أخرى سرعة أقل بلغت (2.4m/sec)، مع عرض جريان تجاوز (35) متراً في بعض المواقع. كما بيّنت النتائج أن أقصى عرض للفيضان بلغ حوالي (400) متر، وتم تحديد أعلى معدل تصريف النهر والذي بلغ عند بعض المقاطع ($156\text{m}^3/\text{sec}$).

قسمت الدراسة حوض النهر إلى أربعة مناطق تنظيمية، بهدف تطوير استراتيجيات لإدارة الجريان وتصريف المياه الفائضة، وتم اقتراح حلول تنظيمية كإقامة سدود صغيرة وأحواض تهيئة وترسيب، بالإضافة إلى إمكانية الاستفادة من مياه الفيضان من خلال منشآت تخزينية.

3-2- تطبيق النمذجة الرياضية لدراسة سلوك الموجات الفيضانية في الأنهار الطبيعية وفقاً للمعاملات الهيدروليكيّة والهيدرولوجية لحوض التصريف (2010) [4]

في دراسة أجرتها Chagas et al. (2010) في جامعة سيارا الفيدرالية بالبرازيل، تم استخدام النمذجة الرياضية كأداة تحليلية لفهم كيفية تفاعل سلوك الموجة الفيضانية مع الخصائص الهيدروليكيّة والهيدرولوجية لحوض التصريف، ركزت الدراسة على محاكاة سلوك الفيضانات في الأنهار طبيعية باستخدام بيانات ميدانية ونموذج رياضي يأخذ بالاعتبار مجموعة من العوامل الحاكمة مثل معامل مانينغ، مساحة الحوض، الميل الطولي للمجرى، وزمن الترکيز.

توصلت الدراسة إلى تحليل مدى تأثير هذه المعاملات في خصائص الموجة الفيضانية مثل الارتفاع، والسرعة، وزمن الوصول، وقد أظهرت النتائج أن للمعاملات الهيدروليكيّة تأثيراً حاسماً على سلوك الجريان، حيث تبيّن أن زيادة معامل الخشونة يؤدي إلى انخفاض في سرعة الموجة، مما يمنح وقتاً أطول للتنبيه والاستجابة الطارئة، في حين أن انخفاض الميل الطولي قد يؤدي إلى تراكم المياه وارتفاع منسوب الفيضان في بعض النقاط. كما أشارت الدراسة إلى أهمية تمثيل الخصائص الفيزيائية لحوض التصريف بدقة داخل النموذج الرياضي، لأن ذلك يساعده في رفع موثوقية التنبؤ بسلوك الفيضان في السيناريوهات

المختلفة، مما يجعل النمذجة أداة فعالة في دعم خطط الطوارئ وتقنيات إدارة الفيضانات في المناطق المعرضة للخطر.

أبرز ما توصلت إليه الدراسة:

- تتأثر ديناميكية الموجة الفيضانية بصورة مباشرة بمعاملات الحوض الهيدروليكيه والهيدرولوجية.

- المعاملات مثل الخشونة والميل وزمن التركيز تؤثر على توقيت الذروة الفيضانية وارتفاعها.

- النمذجة الدقيقة تساهم في فهم السيناريوهات الحرجية وتحدد أداة استراتيجية في إدارة الكوارث.

4. توصيف منطقة الدراسة

تشمل المنطقة المدروسة الأراضي الممتدة على جانبي نهر الأبرش وذلك ابتداءً من السد وحتى مصب النهر في البحر الأبيض المتوسط، وذلك بمساحة كلية تبلغ (2490 km²).

كما تتميز المنطقة بتضاريس متفاوتة حيث تصل الارتفاعات فيها إلى (250m) عن سطح البحر في الجزء العلوي من النهر وتنتهي بتضاريس سهلية عند المصب، كما تتميز المنطقة باحتواها على نباتات متنوعة، وتعطي مساحات كبيرة منها إذ تنتشر الأحراش الكثيفة في الجزئين العلوي والوسطي من الحوض، كما تسود في المنطقة التربة (الحمراء - البنية) حيث تتميز المناطق الجبلية بمخارج صخرية كلسية تغطيها طبقة بسيطة من التربة الناعمة أما الهضاب السطحية فمغطاة بشكل أساسي بتربة حصوية قليلة السماكة وذات لون بنّي وبنّي رمادي حيث تبلغ سماكة التربة عند قدم السفوح (0.1-0.25 m) وسطياً ، وفي وادي النهر تصل حتى (1m) أو أكثر [2].

5. مواد وطرق البحث

5-1- الأدوات المستخدمة في البحث:

- برنامج نظام المعلومات الجغرافية (GIS): هو عبارة عن مجموعة من الأنظمة التكاملية التي توفر إمكانية التعامل مع البيانات المكانية والوصفيّة، وإجراء عمليات التحليل ثلاثية البعد التي تتضمن دراسة السطوح المائية وتغيراتها والسطح المعبّر عن البيانات المناخية،

وتحليل سطح الأرض الطبيعية بغرض استنتاج الأحواض الساكبة والمسيلات المائية وإعداد وتحديث الخرائط الطبوغرافية [5].

- برنامج التحليل النهري (Hec-Ras): هو عبارة عن مجموعة برمجيات هندسية تسمح بتحليل الجريان ضمن المجاري المائية وإيجاد السطوح الحرة للمياه في حالتي الجريان المستقر وغير المستقر (الفيضان)، بالإضافة لدراسة حركة الرسوبيات وتحليل درجات حرارة المياه في المجاري المائية، حيث يعتمد البرنامج في حساباته الهيدروليكية على معادلة (Saint-Venant) والتي تتطلب إدخال قيم التدفقات ضمن المجرى وتغيراتها بالإضافة إلى الشروط الحدية والبيانات الجيومترية الخاصة بمنطقة الدراسة [6].

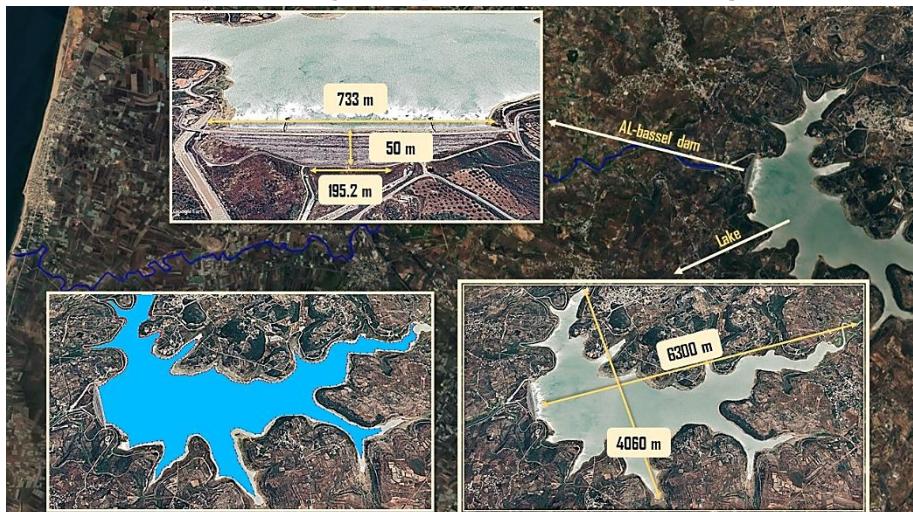
- برنامج Google Earth: برنامج حاسوبي يعرض تمثيلاً ثلاثي الأبعاد للأرض بالاعتماد على الصور المأخوذة من الأقمار الصناعية والصور الجوية وبيانات نظم المعلومات الجغرافية، ومن خلاله يمكن التعرف على العديد من معالم سطح الأرض ودراسة تغيراتها الطبوغرافية، كما يساعد على الوصول إلى مجموعة واسعة من البيانات الجغرافية المكانية مثل تحديد مسارات الأنهر ورصد شبكات الطرق وأماكن توضع المنشآت والقرى والتجمعات السكنية [7].

- الأداة Hec-GeoRas: هي عبارة عن مجموعة من الأدوات المساعدة لمعالجة البيانات الجغرافية في ArcGIS باستخدام واجهة رسومية (GUI) تسمح بإعداد البيانات الهندسية بشكل قابل للتصدير إلى برنامج Hec-Ras، ومن شروط العمل على الأداة أن يتتوفر لدى المستخدم نموذج تضارسي رقمي لمنطقة الدراسة بتتبسيق (Arc Info TIN) [8].

5-2- البناء الطبوغرافي للنموذج:

تمأخذ مجموعة من الصور الجوية لمنطقة الدراسة الممتدة من سد الأبرش وحتى مصب النهر في البحر الأبيض المتوسط، حيث تم تحديد مسار نهر الأبرش وتغيراته ضمن المنطقة المدروسة وامتداد الصفاف على جانبي المجرى مع الأخذ بالاعتبار كافة التغيرات الحاصلة في أبعاد المقاطع، كما تم تحديد موقع وأبعاد جسم السد والبحيرة كما يوضح الشكل (1)، بالإضافة لأماكن توضع العبارات والمنشآت المائية والمدنية والصناعية وأماكن توضع القرى والتجمعات السكنية والأراضي المستثمرة ضمن المنطقة المدروسة.

تم حفظ هذه البيانات بشكل مسارات ومضلعات وموقع بصيغة KML وذلك بهدف تصديرها إلى برنامج GIS من أجل البناء الأولي للنموذج الطبوغرافي.



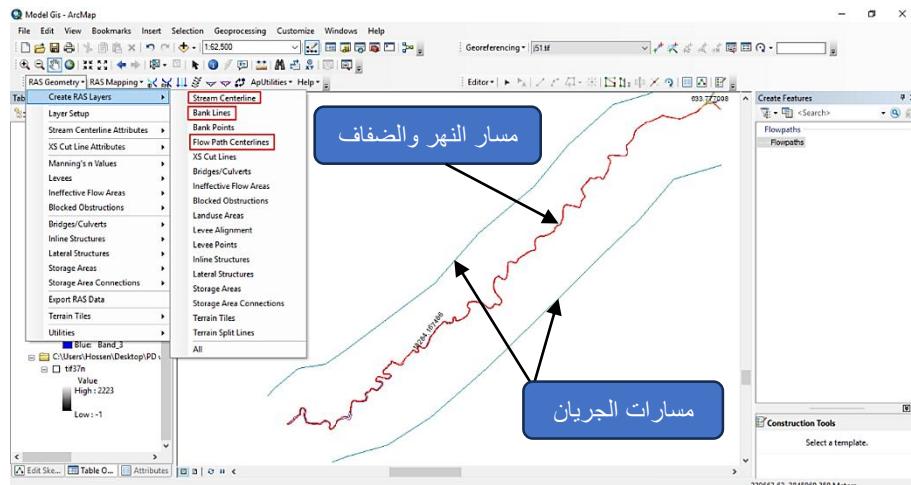
الشكل (1): صورة جوية توضح موقع وأبعاد جسم السد والبحيرة.

تمثيل ومعالجة البيانات المكانية ضمن بيئة GIS باستخدام الأداة Hec-GeoRas:

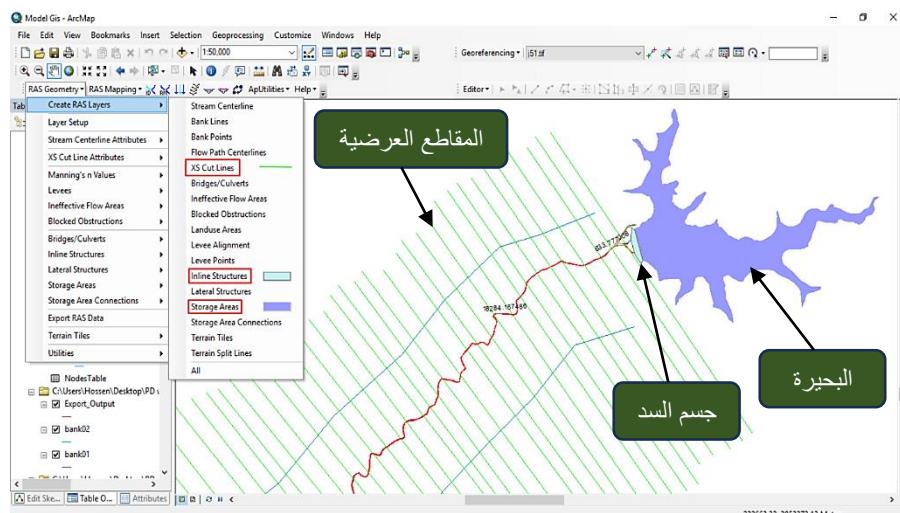
تم استخدام الأداة Hec-GeoRas بهدف الحصول على نموذج طبوغرافي يمكن اخراجه بصيغة (RAS) القابلة للتصدير إلى برنامج Hec-Ras وذلك لمعايرة النموذج وإجراء الدراسة الهيدروليكية، وفق الخطوات التالية:

1. اسقاط وتوجيه كافة الصور الجوية المأخوذة لمنطقة الدراسة وفق نظام الاسقاط Georeferencing WGS-1984-UTM-ZONE-37N وذلك باستخدام الأداة.
2. استيراد كافة معطيات النموذج (النهر - الضفاف - العبارات - السد - البحيرة) بشكل طبقات (layer) وتم اسقاطها وفق نفس النظام السابق.
3. تحديد مسار النهر (stream centerline) والضفاف (Banks) ومسارات الجريان على جانبي المجرى (flow path centerline)، كما يوضح الشكل (2).
4. إنشاء طبقة خاصة بموقع جسم السد والبحيرة كما يوضح الشكل (3).
5. استنتاج المقاطع العرضية (cross section): تم اختيار أماكن المقاطع العرضية استناداً إلى بارامترات معادلة الجريان غير المنتظم، حيث تم اختيار الأماكن التي تكثر

فيها التعرجات واللتواهات والموقع التي يتغير فيها ميل النهر ومعامل خشونة صفاف وقاع المجرى، مع مراعات تكيف المقاطع في الأماكن التي يتغير فيها المقطع العرضي لمجرى النهر بشكل كبير.



الشكل (2): إنشاء الطبقات الخاصة بجري النهر والضفاف ومسارات الجريان في GIS.

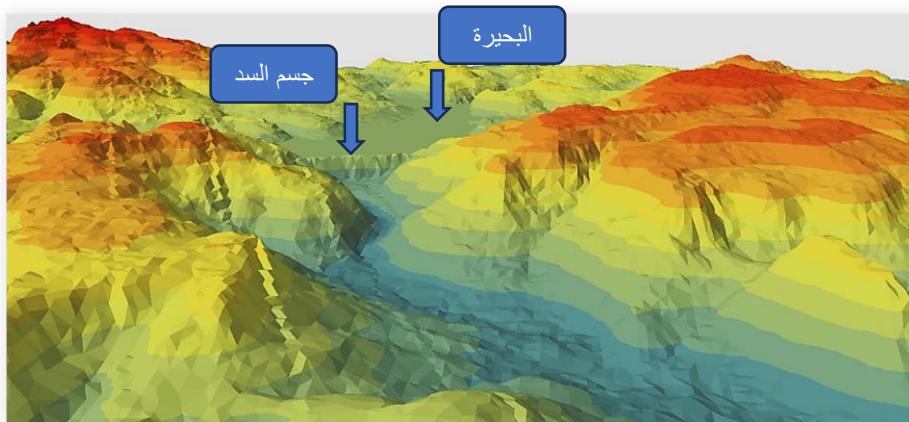


الشكل (3): إنشاء الطبقات الخاصة بجسم السد والبحيرة والمقاطع العرضية في GIS.

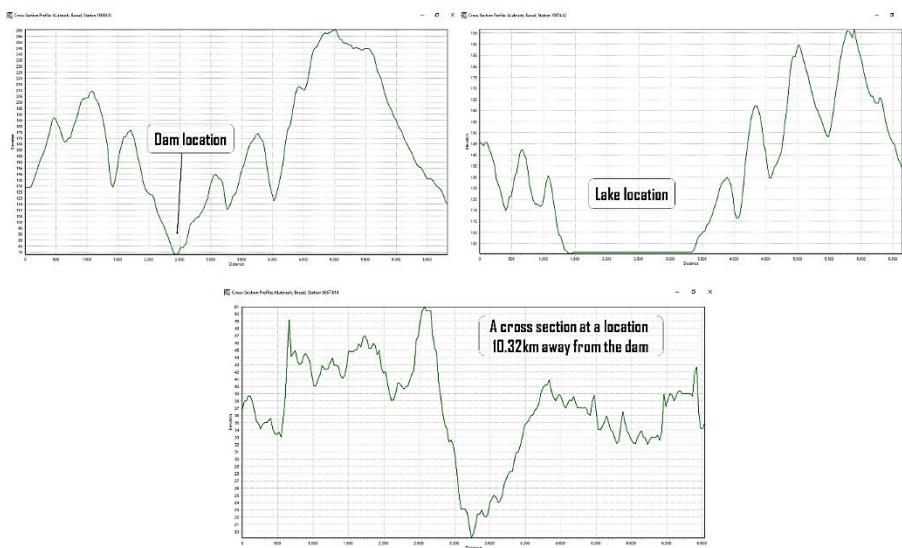
تحويل العناصر الثنائية بعد إلى عناصر ثلاثية البعد:

بهدف الحصول على نموذج ثلاثي الأبعاد يوضح التضاريس الطبوغرافية لمنطقة الدراسة تم استخدام طبقة الارتفاعات (dem₃₀) والتي يجب أن تكون مرجعة وفق نفس نظام

الاسقاط المستخدم في الخرائط بهدف الحصول على تطابق بين الخريطة المسقطة واحتياطاتها الجغرافية فوق طبقة الارتفاعات، وبالتالي أصبح بالإمكان الحصول على مخطط طبوغرافي ثلثي الأبعاد لحدود منطقة الدراسة كما يوضح الشكل (4)، كما يمكن الحصول على مقاطع عرضية تفصيلية لجميع المدخلات الخاصة بالنموذج كما يوضح الشكل (5).



الشكل (4): مقطع ثلثي الأبعاد للمنطقة المدروسة بعد معالجة البيانات الطبوغرافية.



الشكل (5): مقاطع عرضية توضح طبوغرافية المنطقة في موقع جسم السد والبحيرة وعند مقطع من النهر يبعد عن السد 10.32 كم.

5-3- المعايرة الهيدروليكيه للنموذج ضمن بيئه Hec-Ras :

تمت معايرة النموذج من خلال دراسة حالة الجريان المستقر ضمن المجرى وذلك من خلال تحديد قيم ارتفاعات الماء المقاسة والناتجة عن مرور تدفقات مختلفة في عدة مواقع من المجرى ومقارنتها مع قيم ارتفاعات الماء المحسوبة من النموذج والناتجة عن ادخال نفس التدفقات السابقة حيث كلما زاد معدل التقارب بين القيم المحسوبة والمقاسة كلما كان النموذج أقرب إلى الواقع، مع العلم أنه تم استخدام طريقة معامل الارتباط الخطى (r)

لتحديد معدل التقارب بين القيم ومدى صحة النموذج وموافقته للواقع [1].

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (1) \dots \dots$$

دراسة حالة الجريان المستقر (steady flow) :

يعتمد برنامج Hec-Ras في دراسة نظام الجريان المستقر على ادخال قيم التدفقات المارة في النهر وتغيراتها بالإضافة إلى الشروط الحدية الخاصة بالمجرى، مع العلم أن البرنامج يقوم بتحديد نوع الجريان إذا كان فوق حرج أو دون حرج أو مختلطاً بالاعتماد على العمق الحرج الذي يقوم بحسابه [9].

تم ادخال قيم التدفقات في عدة مقاطع من النهر والتي تراوحت بين m^3/s (1.2-8.5)،

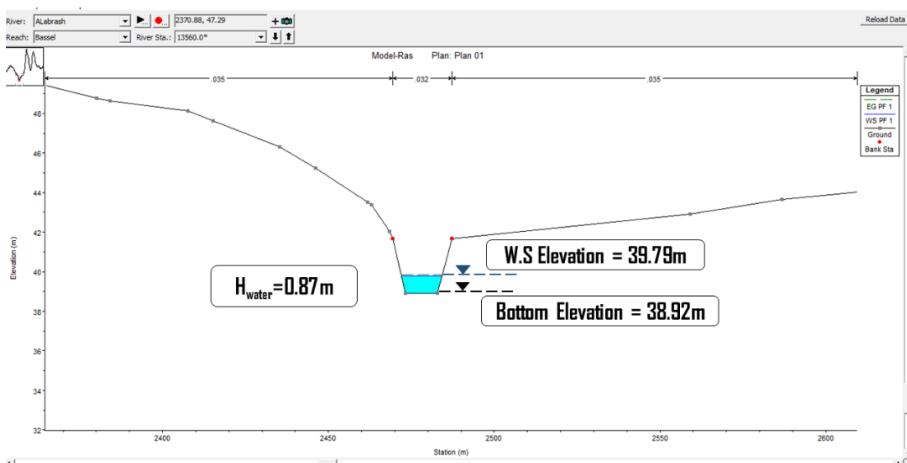
كما تم تحديد الشروط الحدية للحوزين العلوي والسفلي وفق التالي:

- الحوز العلوي (بداية النهر بعد السد): تم تحديد ارتفاع الماء الموافق للتدفق المدخل كشرط حدي بدائي.

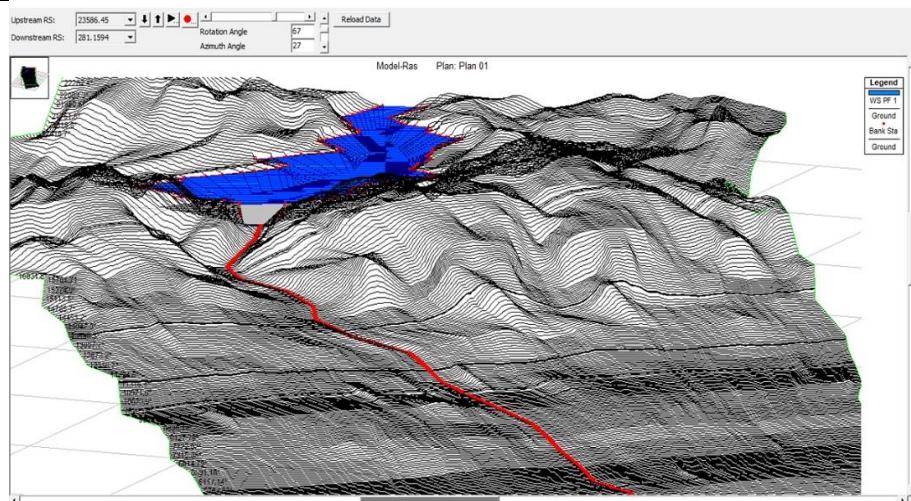
- في الحوز السفلي (الجزء الأخير من النهر عند المصب) تم ادخال قيمة الميل الطبيعي لسرير النهر (0.0036) كشرط حدي نهائى.

بعد ادخال قيم التدفقات والشروط الموافقة لها تمت معالجة البيانات والحصول على النتائج التالية:

- قيم ارتفاعات الماء ضمن المجرى وتغيراتها على امتداد منطقة الدراسة، والتي تراوحت بين (0.3-1.4)m، كما يوضح الشكل (6) منسوب المياه في مقطع ما من النهر يبعد مسافة (5.39km) عن السد.
- سرعة جريان الماء ضمن المجرى بالحالة الطبيعية وتغيراتها، والتي تراوحت بين (0.21-1.69) m/sec.
- مقاطع عرضية وطولية تظهر شكل وارتفاع الماء ضمن المجرى، بالإضافة لمقاطع ثلاثة الأبعاد توضح حركة المياه على امتداد المنطقة المدروسة كما يوضح الشكل .(7)



الشكل (6): منسوب الماء في مقطع من النهر يبعد عن السد 5.39km.



الشكل (7): مقطع ثلاثي الأبعاد للمنطقة المدروسة بحالة الجريان الطبيعي.

المعايير الهيدروليكية للنموذج:

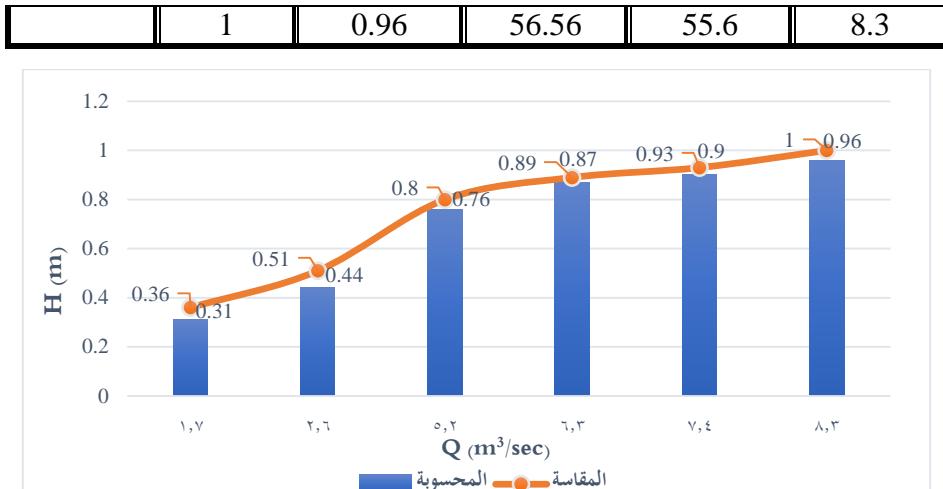
تمت معايرة النموذج عند خمس مواقع من النهر موضحة في الجدول (1)، كما يوضح الجدول (2) والشكل (8) نتائج المعايرة عند المحطة الأولى، ويوضح الشكل (9) القيم المحسوبة والمقاسة لارتفاعات المياه عند محطات المعايرة الثانية والثالثة والرابعة والخامسة.

الجدول (1) يوضح موقع محطات المعايرة الخاصة بالنماذج.

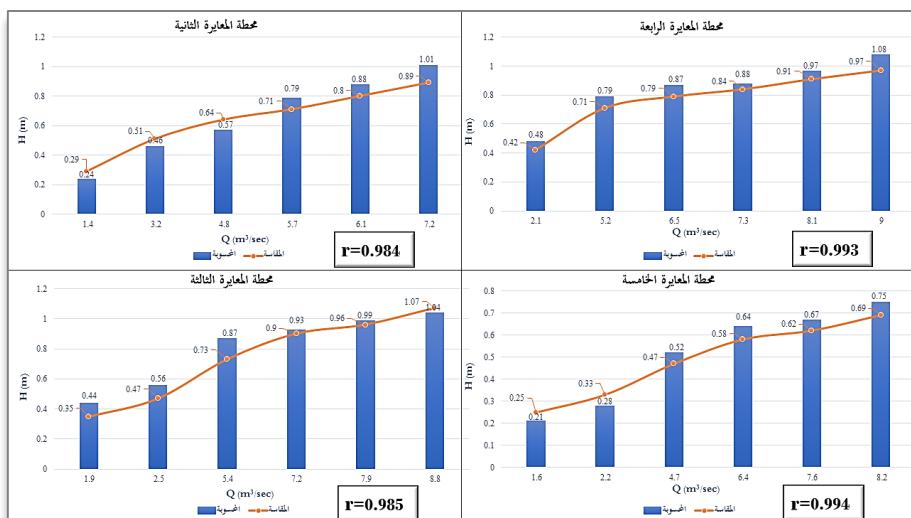
رقم المحطة	البعد عن السد (m)	نوع المنشأة في موقع المعايرة	البعد عن السد (m)	نوع المنشأة في موقع المعايرة	البعد عن السد (m)
5	15045	ضمن المجرى	4	ضمن المجرى	13780
3	8800	جسر	2	جسر	5500
1	2270	عبارة (دائيرية)			

الجدول (2) نتائج تطبيق قيم التدفق على النموذج ضمن محطة المعايرة الأولى.

معامل الارتباط الخطى (r)	المقاسة h (m)	المحسوبة h (m)	w.s elevation (m)	culvert elevation (m)	Q (m³/sec)
0.998	0.36	0.31	55.91	55.6	1.7
	0.51	0.44	56.04	55.6	2.6
	0.8	0.76	56.36	55.6	5.2
	0.89	0.87	56.47	55.6	6.3
	0.93	0.9	56.5	55.6	7.4



الشكل (8): ارتفاعات الماء المحسوبة والمقاسة خلال مرور تدفقات مختلفة عند محطة المعايرة الأولى.



الشكل (9): ارتفاعات الماء المحسوبة والمقاسة خلال مرور تدفقات مختلفة عند محطات المعايرة الثانية والثالثة والرابعة والخامسة.

نلاحظ من الشكلين (8) و (9) أن قيمة معامل الارتباط الخطى تجاوزت ($r > 0.9$) عند جميع محطات المعايرة وبالتالي التموذج مقبول ويمكن اجراء الدراسات الهيدروليكية الخاصة بالموجة الفيضانية الناجمة عن تشغيل المفرغ الجانبي لسد الأبرش.

6. النتائج ومناقشتها

بعد الوصول إلى الشكل النهائي للنموذج الخاص بمنطقة الدراسة والتحقق من مطابقته للواقع من الناحية الطبوغرافية والهيدروليكية، سيتم دراسة كافة عناصر ومتغيرات الموجة الفيضانية الناجمة عن تشغيل المفيض الجانبي لسد الأبرش بالقدرة التصريفية العظمى ومدى تأثيرها على القرى والمنشآت والطرق الواقعة ضمن منطقة الدراسة. حيث تم باستخدام صور الأقمار الصناعية اجراء مسح طبوغرافي لكافة القرى الواقعة ضمن منطقة الدراسة وذلك على امتداد (3.5) كم على جانبي نهر الأبرش حيث بلغ عددها (17) قرية، وبناء على الاحداثيات الجغرافية لكل قرية تم تحديد موقعها على النموذج وبالتالي تحديد بعد كل منها عن السد والنهر ونسبتها عن سطح البحر، وباستخدام برنامج الخرائط الجوية (google earth) ومن خلال الزيارات الميدانية لموقع النهر تم تحديد أماكن المنشآت المدنية والصناعية الواقعة ضمن منطقة الدراسة كما تم تحديد موقع الطرق الرئيسية والفرعية وخطوط السكك الحديدية التي تقاطع مع النهر وامتدادها ضمن منطقة الدراسة ومن خلال اسقاط هذه المسارات فوق الخريطة الجوية تم تحديد احداثيات ونسب كل منها في منطقة التقاطع مع النهر، حيث يوضح الجدول (3) البيانات الخاصة بالقرى والجدولين (4) و (5) البيانات الخاصة بالمنشآت والطرق.

الجدول (3) البيانات الخاصة بالقرى الواقعة ضمن منطقة الدراسة.

الترتيب	الاسم	البعد عن السد (m)	البعد عن النهر (m)	النسبة عن سطح البحر (m)
1	المباركة	878	1989	240
2	بلدة القصر	1061	1319	225
3	بلدة تركب	1770	970	192
4	التوانين	1841	410	172
5	الصفصافة	4123	1197	101
6	عين الزيدة	4639	2878	96
7	بيت شوفان	5258	2284	83
8	بحوزي	5905	1385	75

45	1821	7072	ظهر الشمرة	9	
46	285	9092	دير الحجر	10	
44	86	9185	الهويسية	11	
45	103	9485	الريحانية	12	
38	1093	10725	الجماسية	13	
30	1736	10990	زاهد	14	
38	147	12050	تل كزل	15	
8	1937	14680	الحمدانية	16	
6	395	17750	عرب الشاطئ	17	

الجدول (4) البيانات الخاصة بالمنشآت الواقعة ضمن منطقة الدراسة.

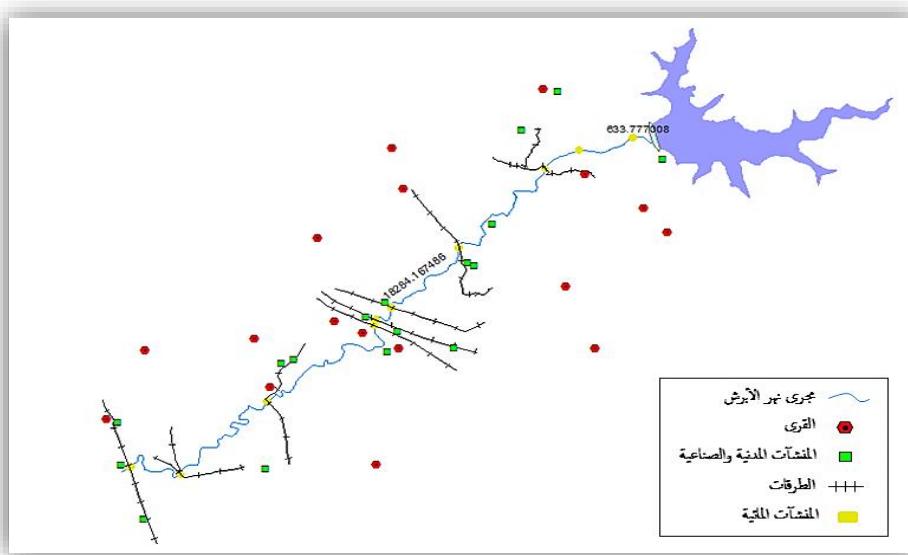
الترتيب	الاسم	البعد عن السد (m)	البعد عن النهر (m)	المنسوب عن سطح البحر (m)
1	ثانوية تركب	1260	1710	198.2
2	مدرسة تركب الإعدادية الثانية	2110	948	175.2
3	محطة معالجة الصرف	4327	161	46
4	مبني شركة صناعية	5728	217	43.3
5	معلم الأعلاف	5807	374	49.5
6	مستودعات لحفظ الحبوب والاسمنت	7510	129	35.1
7	مشتل زراعي	8827	226	33.5
8	مرملة	8871	517	30.8
9	مول تجاري	9680	276	32.6
10	روضة أطفال	10992	373	29.8
11	مدرسة (تل كزل)	11258	497	27.4
12	شركة لإنتاج الفلبين	14551	1126	17.6
13	مدرسة (عرب الشاطئ)	17564	1022	6.4
14	محطة ضخ الصرف	17803	1183	2.2

3.6	97	17876	تجمع أبنية وشاليهات	15
-----	----	-------	---------------------	----

الجدول (5) البيانات الخاصة بالطرق الواقعة ضمن منطقة الدراسة.

الاسم	البعد عن السد (m)	المنسوب عن سطح البحر (m)
طريق تركب - التوانين	2270	57.7
طريق بحوزي - الصفصفافة	5500	43
طريق طرطوس - الصفصفافة	7600	31.06
طريق حمص - طرطوس	8800	29.9
خط القطار	8950	29.5
طريق تل كزل - زاهد	12300	13.12
طريق عرب الشاطئ - زاهد	15950	5.1
طريق طرطوس - طرابلس	17710	4.43

بعد تحديد جميع المواقع والمسارات والنقاط الواقعة ضمن منطقة الدراسة تم انشاء خريطة طبوغرافية توضح التوزع المكاني لكافة العناصر السابقة وذلك بشكل طبقات مرجعة جغرافياً ضمن برنامج GIS كما يوضح الشكل (10).

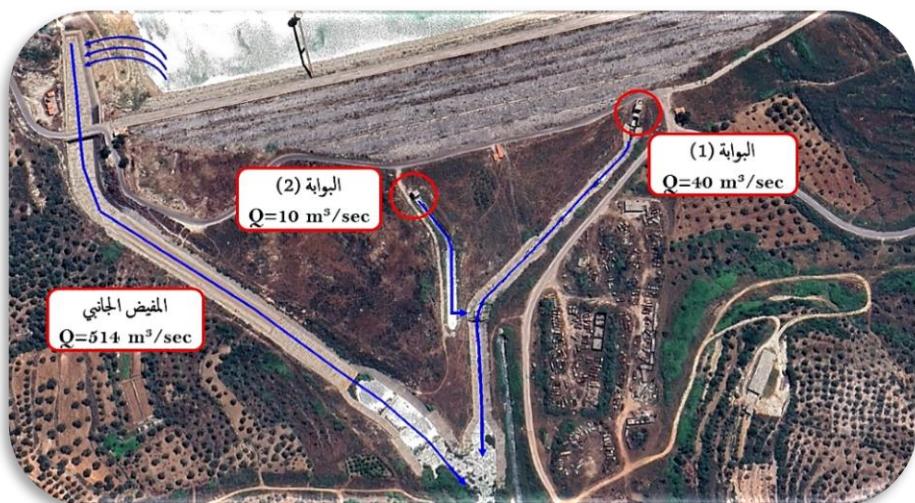


الشكل (10) يوضح التوزع المكاني للعناصر المدروسة ضمن برنامج GIS.

6-1- الدراسة الهيدروليكية للموجة الفيضانية:

تم تحديد كافة عناصر ومتغيرات الموجة الفيضانية وفق الفرضيات التالية:

- منسوب سطح الماء في البحيرة: (+114.74)
- التصريف المار عبر المفيض الجانبي يبلغ (514 m³/sec).
- بوابات المفرغ السفلي للسد مفتوحة بشكل كامل وعددتها (2)، تمران تصريفاً كلياً يبلغ (50 m³/sec)، محولة بالكامل إلى مجرى النهر، كما يوضح الشكل (11).

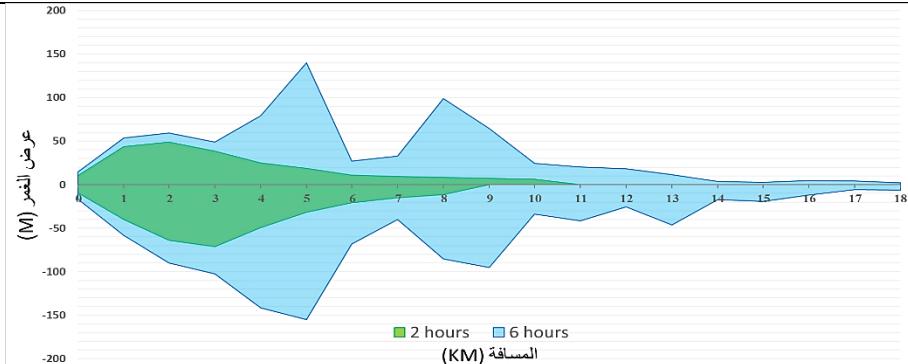


الشكل (11) يوضح معدل تصريف البوابتين والمفيض الجانبي وفق السيناريو المدروس.

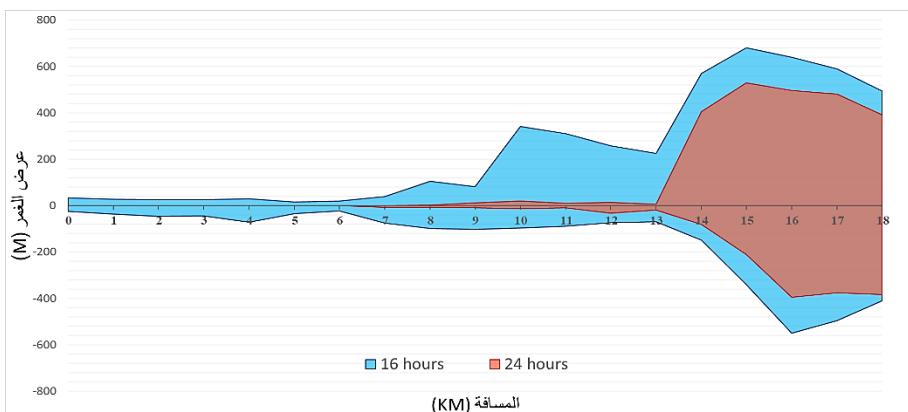
6-2- دراسة تأثير الموجة الفيضانية على كامل منطقة الدراسة:

عرض الغمر:

بلغت القيمة العظمى لعرض الغمر على الضفة اليسرى للنهر (680.3m) بعد مسافة (15.2km) عن السد وذلك بعد مرور (15.9hr) على بدء تشغيل المفيض الجانبي للسد، وعلى الضفة اليمنى بلغت (550.6m) بعد مسافة (16.5km) وذلك بعد مرور (15.4hr)، حيث يوضح الشكلين (12) (13) عرض الغمر الأعظمى على امتداد منطقة الدراسة خلال فترات زمنية مختلفة.



الشكل (12) عرض الغمر الأعظمي على امتداد منطقة الدراسة بعد مرور (2-6) ساعة على بدء تشغيل المفيض الجانبي.



الشكل (13) عرض الغمر الأعظمي على امتداد منطقة الدراسة بعد مرور (16-24) ساعة على بدء تشغيل المفيض الجانبي.

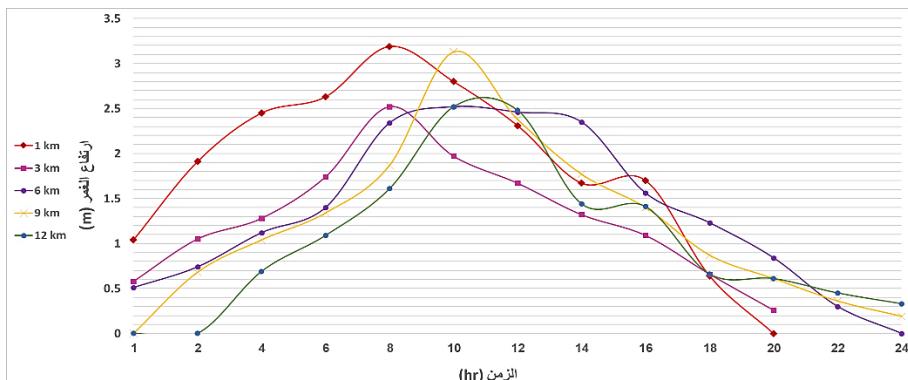
ارتفاع وسرعة الغمر:

تتعلق قيم ارتفاع وسرعة الغمر بالظروف الطبوغرافية للمنطقة وتغيراتها وبنوع التربة ومعامل الخشونة وبمعدل التدفق ومساحة ومحيط مقطع الجريان والميل الطولي وتغيراته، ومن خلال المعالجة الهيدروليكيه والطبوغرافية لكافه المعطيات السابقة ضمن بيئه (Gis) تم تحديد ارتفاع وسرعة الغمر في جميع مقاطع النهر وعلى امتداد منطقة الدراسة (المجرى والضفتين اليمنى واليسرى) وتغيراتها مع الزمن، حيث يوضح الجدول (6)

القيمة العظمى لارتفاع الغمر على امتداد منطقة الدراسة، كما يوضح الشكل (14) التغيرات في قيم ارتفاعات الغمر مع الزمن والمسافة.

الجدول (6) ارتفاع الغمر الأعظمى على امتداد منطقة الدراسة.

الزمن (بدءاً من عمل المفري) (hr)	الموقع (البعد عن السد) (km)	القيمة العظمى (m)	ارتفاع الغمر
8.2	3.19	3.48	

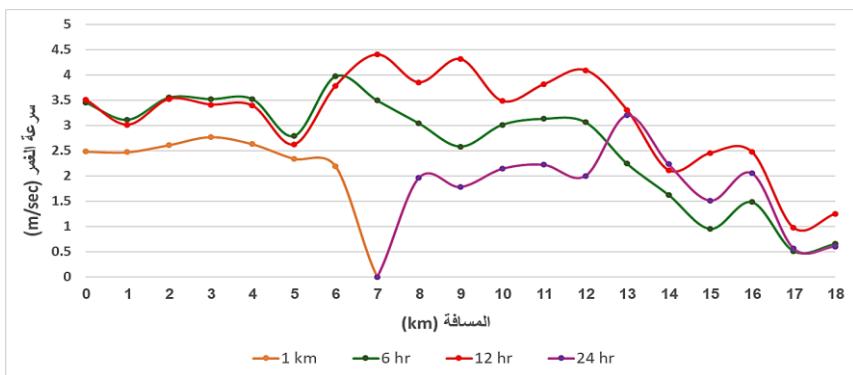


الشكل (14) يوضح علاقة ارتفاع الغمر مع الزمن في عدة مواقع من النهر.

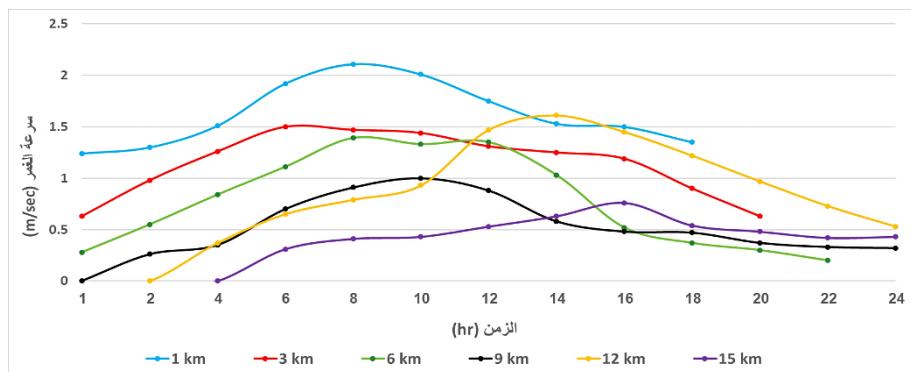
يوضح الجدول (7) القييم العظمى لسرعة الغمر ضمن المجرى وعلى الضفتين اليمنى واليسرى كما يوضح الشكل (15) التغير في سرعة الغمر على امتداد منطقة الدراسة وخلال عدة أزمنة ببدءاً من لحظة عمل المفيض، كما يوضح الشكلين (16) (17) سرعة الغمر وتغيراتها مع الزمن عند الضفتين اليمنى واليسرى.

الجدول (7) القيم العظمى لسرعة الغمر على امتداد منطقة الدراسة.

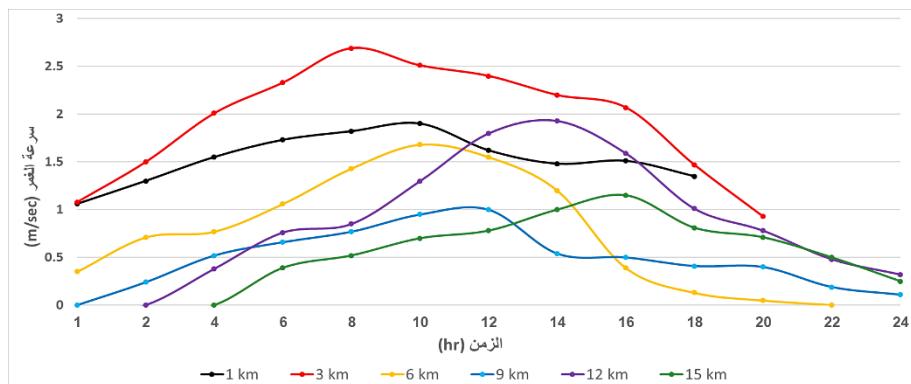
الصفة اليسرى	المجرى	الصفة اليمنى	سرعة الجريان الأعظمية (m/sec)
2.92	4.48	3.31	الموقع (البعد عن السد) (km)
4.1	7.2	2.3	زمن الوصول لسرعة العظمى من لحظة عمل المفيض (hour)
8.7	10.8	9.9	



الشكل (15) يوضح التغير في سرعة الغمر في سرعة الغمر مع المسافة على امتداد منطقة الدراسة



الشكل (16) يوضح التغير في سرعة الغمر مع الزمن في عدة مواقع (عند الصفة اليسرى)



الشكل (17) يوضح التغير في سرعة الغمر مع الزمن في عدة مواقع (عند الضفة اليمنى)

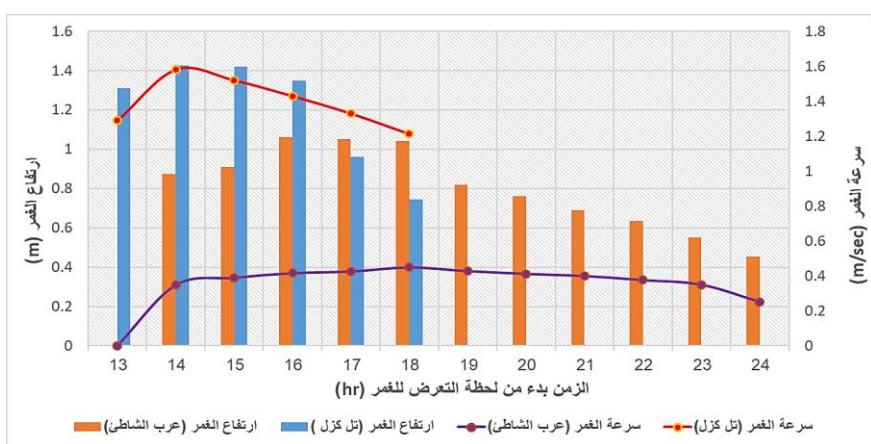
6-3- دراسة تأثير الموجة الفيضانية على القرى والمنشآت الواقعة ضمن منطقة الدراسة.

بناء على المعطيات الخاصة بالقرى والمنشآت من حيث الموقع الجغرافي والمنسوب عن سطح البحر والموضحة في الجدولين (3) و (4)، ومن خلال مقاطعة هذه المعطيات مع مخططات الغمر الناتجة عن الموجة الفيضانية المدروسة تبين أن القرى التي تتعرض للغمر تشمل (تل كزل وعرب الشاطئ)، ومن حيث المنشآت يشمل الغمر محطة معالجة الصرف بالإضافة لمجموعة من الأبنية والشاليهات تتوضع عند نهاية مجرى النهر وبالقرب منه وتمتد على مساحة تبلغ (0.023 km^2)، حيث يوضح الجدول (8) والأشكال (18) و(19) و(20) نتائج الغمر وفق السيناريو المدروso.

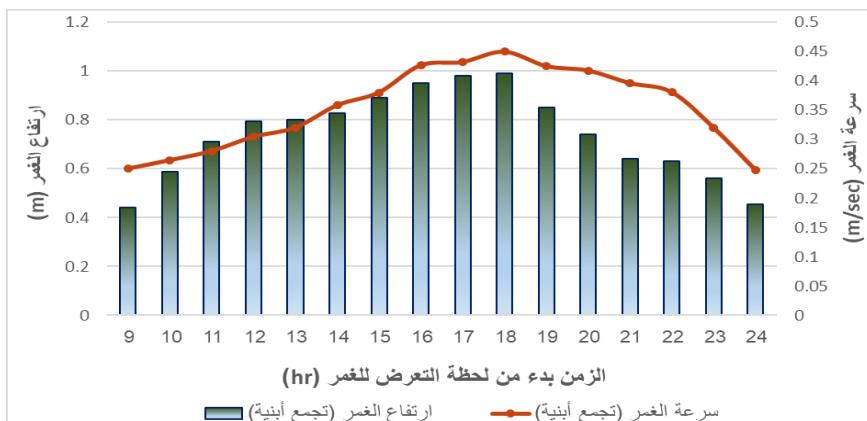
الجدول (8): نتائج تطبيق سيناريو الغمر المدروso على القرى والمنشآت.

المنشآت والأبنية		القرى		منسوب الغمر الأعظمي (m)
محطة معالجة الصرف	تجمع أبنية وشاليهات	عرب الشاطئ	تل كزل	
47.58	4.59	7.06	39.42	

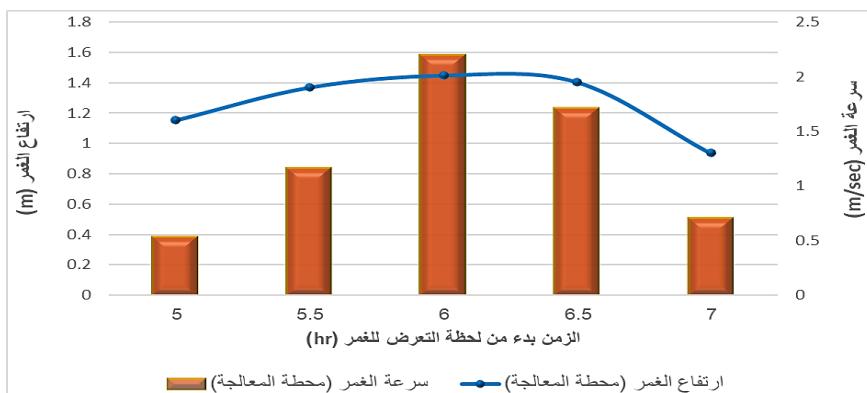
5.0	9.2	14.1	12.7	زمن التعرض للغمر بدءاً من لحظة عمل المفيض (hour)
2.1	14.8	9.9	6.4	مدة استمرار الغمر (hour)
1.58	0.99	1.06	1.42	ارتفاع الغمر الأعظمي (m)
2.01	0.44	0.45	1.58	سرعة الجريان الأعظمية (m/sec)
146.3	510.2	516.7	257.1	عرض الغمر الأعظمي عند الموقع (m)
6.2	15.7	16.6	16.2	زمن الوصول إلى عرض الغمر الأعظمي (hour)
—	—	121.8	110.1	مسافة دخول المياه ضمن حدود القرية (m)



الشكل (18) يوضح التغير في ارتفاع وسرعة مع الزمن عند عرب الشاطئ وتل كزل.



الشكل (19) يوضح التغير في سرعة وارتفاع الغمر مع الزمن في منطقة تجمع أبنية وشاليهات تقع عند نهاية مجاري نهر الأبرش.



الشكل (20) يوضح علاقة الزمن مع سرعة وارتفاع الغمر عند موقع محطة معالجة الصرف.

مناقشة النتائج:

- نلاحظ أن جميع القرى الواقعة ضمن منطقة الدراسة لم تتأثر بالفيضان الناجم عن مفرغات السد وذلك باستثناء (عرب الشاطئ وتل كزل)، ويعود السبب في ذلك إلى المناسبات المرتفعة لأغلب القرى وخاصة تلك التي تتواجد في الجزء الأول من منطقة الدراسة (على امتداد 6 كيلومتر خلف السد)، بالإضافة إلى بعدها عن المجرى بحيث لا تصلها مياه الغمر كما هو موضح في الجدول (3).

- نلاحظ من الشكل (18) أن ارتفاعات الغمر عند عرب الشاطئ تراوحت بين (0.46-1.06 m)، ومع استمرارية الغمر الطويلة التي وصلت إلى (10) ساعات، هذا

سيؤدي إلى تخريب الممتلكات وإلحاق الضرر بالبني التحتية الموجودة في المنطقة بالإضافة لاحتمالية فيضان مياه الصرف الصحي وحدوث تلوث بيئي في القرية.

- نلاحظ من الشكل (18) أن الساعة الثانية بدءاً من لحظة التعرض للغمر هي الأخطر بالنسبة لقرية تل كزل من حيث سرعة وارتفاع الغمر، مع العلم أن سرعة الجريان كانت عالية طيلة فترة الغمر حيث تراوحت بين (1.21_1.58 m/sec)، مما سيؤدي إلى إتلاف المزروعات وتخريب البيوت البلاستيكية الموجودة في المنطقة.

- تتعرض محطة معالجة الصرف للغمر الجزئي بفيضان المياه وذلك بعد وصول عرض الغمر إلى قيمته العظمى والبالغ (146.3m)، حيث استمر الغمر لمدة (2.1hr) فقط وذلك بسبب المنسوب المرتفع للمحطة والميول العالية التي أدت إلى انحسار المياه خلال زمن قصير.

- نلاحظ من الشكل (19) أن الخط الأكبر بالنسبة لموقع تجمع الأبنية والشاليهات هو استمرارية الغمر والتي تجاوزت (14hr)، مع العلم أن ارتفاعات الغمر لم تتجاوز (1m) في أقصى حالاتها، لذلك يمكن حماية هذه المنشآت باستخدام الحاجز الترابية أو البيتونية.

6-4- دراسة تأثير الموجة الفيضانية على الطرق الواقعه ضمن منطقة الدراسة.

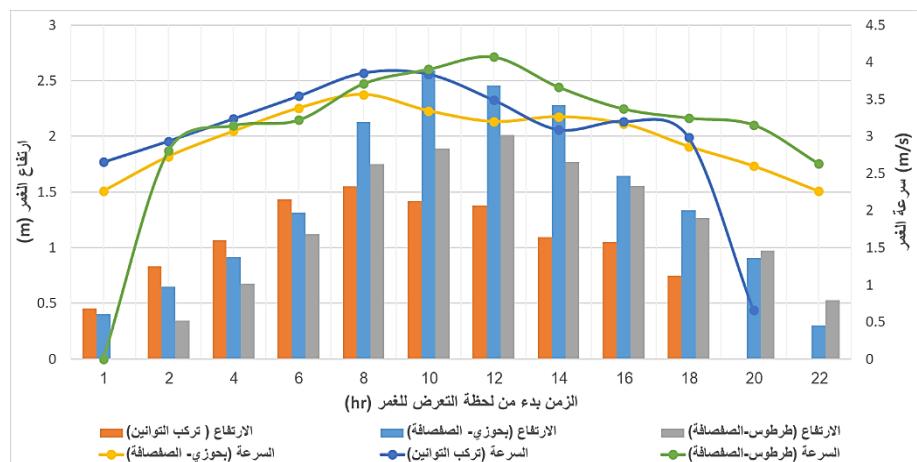
يتعلق تعرض الطريق للغمر في منطقة تقاطع مع النهر بنوع المنشأة المقامة عليه، حيث تزداد احتمالية التعرض للغمر في حال وجود عبارة بسبب إعاقتها للجريان في الموقع، وتكون الاحتمالية أقل في حالة الجسر إلا في حال كان الجسر منخفض وعلى مستوى الضفاف كما هو الحال عند طريق (تل كزل-زاهد)، ومن خلال تحديد مناسبات الغمر الحاصلة في منطقة تقاطع الطرق مع النهر ومقارنتها مع منسوب أعلى الطريق تم تحديد

جميع الطرق التي تتعرض للغمر كما هو موضح في الجدول (9).

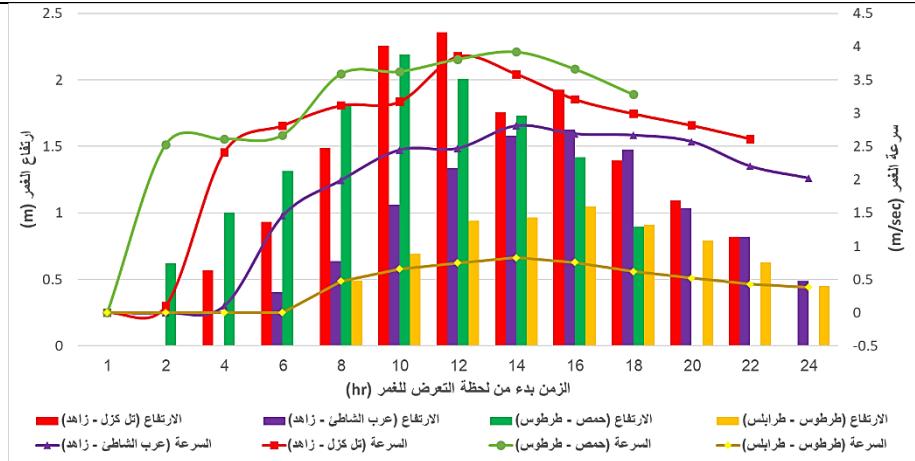
الجدول (9): نتائج تأثير الموجة الفيضانية على الطرق الواقعه ضمن منطقة الدراسة.

عرض الغمر الأعظمي (m)	سرعة الجريان الأعظمية (m/sec)	ارتفاع الغمر الأعظمي (m)	استمرارية الغمر (hour)	زمن التعرض للغمر (hour)	الطريق	سبب الغمر
يمين المجرى	يسار المجرى					

93.1	56.6	3.85	1.55	19.4	0.5	- تركب - التوانين	غمر ناتج عن ارتفاع منسوب المياه في المجرى عند منطقة التقطاع مع الطريق.
111.5	83.5	3.56	2.59	21.5	0.9	- بحوزي - الصفصافة	
89.1	78.9	4.07	2.0	22.1	1.7	- طرطوس - الصفصافة	
102.2	86.1	3.92	2.19	17.2	2.4	- حمص - طرطوس	
71.9	248.4	3.85	2.35	20.3	3.6	- تل كزل - زاهد	
540.1	642.1	2.81	1.62	18.7	5.3	- عرب الشاطئ - زاهد	
439.3	527.6	0.82	1.05	16.5	7.5	- طرطوس - طرابلس	غمر ناتج عن تدفق المياه من مقاطع سابقة نحو الطريق



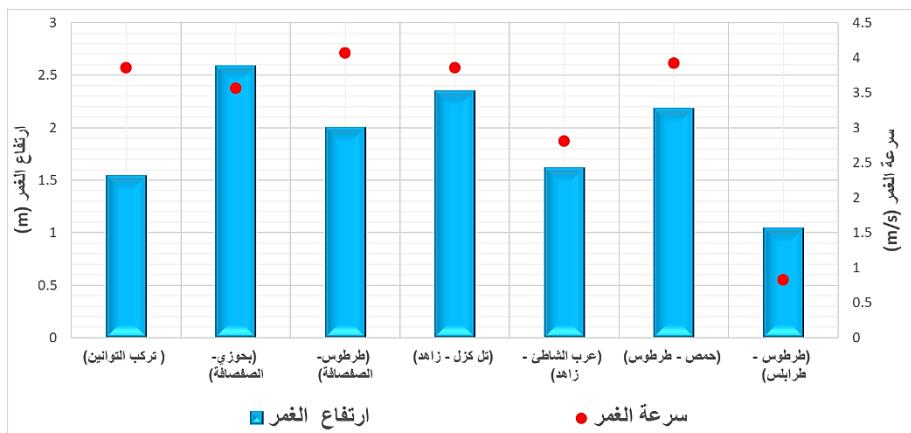
الشكل (21) يوضح ارتفاع وسرعة الغمر للطرقات الواقعة ضمن المنطقة الممتدة من السد وحتى مسافة (8) كم عنه.



الشكل (22) يوضح ارتفاع وسرعة الغمر للطرقات الواقعه ضمن منطقة الدراسة من مسافة (8) كم عن السد وحتى نهاية المجرى.

مناقشة النتائج:

- نلاحظ من الجدول (9) أن طريق (طرطوس - طرابلس) لا يتعرض للغمر المباشر ب المياه الفيضان في منطقة التقاطع مع المجرى حيث بلغ منسوب الغمر الأعظمي عند موقع الطريق (3.48m) في حين أن منسوب أعلى الطريق (4.43)، وإنما يتعرض امتداد الطريق على جانبي المجرى بالغمر الناتج عن المياه المتدايرة من المقاطع السابقة.
- نلاحظ من الشكلين (21)،(22) أن سرعة جريان الموجة الفيضانية تجاوزت (3.5m/sec) عند كل من الطرقات (تركم التوانين - بحوزي الصفاصفة - طربوس الصفاصفة - تل كزيل زاهد - حمص طربوس) واستمرت لمدة تجاوزت (10) ساعات، وبالتالي يمكن اعتبار معدل الخطير مرتفع ويسبب بحدوث اضرار كبيرة على هذه الطرقات بالإضافة للمنشآت والمزروعات والبيوت البلاستيكية المتواجدة على محيطها.
- نلاحظ من الشكلين (21)،(22) أن المدة بدءاً من الساعة الثامنة وحتى الساعة السادسة عشر هي الأخطر من حيث السرعة والارتفاع بالنسبة لجميع الطرقات المعروضة للغمر، حيث يوضح الشكل (23) نتائج الفيضان عند جميع الطرقات خلال هذه المدة.



الشكل (23) القيم العظمى لارتفاع وسرعة الغمر عند الطرق (من الساعة 8 حتى الساعة 16).

7. الاستنتاجات والتوصيات

الاستنتاجات:

- تبين من الدراسة أن مياه الفيضان ستؤثر بشكل مباشر على التجمعات السكنية والشاليهات التي تتوضع عند نهاية مجاري نهر الأبرش وتبعد عنه مسافة (24.5m)، حيث بلغ ارتفاع الغمر الأعظمي (0.99m)، وبالتالي ستتعرض هذه الأبنية لغمر جزئي سيؤدي بعض الأضرار الناجمة عن تسرب المياه إلى الطوابق السفلية (تحت الأرض) التابعة لبعض الأبنية، بالإضافة لاحتمالية حدوث تلوث ناجم عن فيضان مياه الصرف الصحي في المنطقة.

- الجزء الأخير من منطقة الدراسة (الذي يمتد على مسافة 3 كم من النهاية) يعتبر الأخطر من حيث عرض واستمرارية الغمر، وذلك بسبب سهلية المنطقة بالإضافة للتشوهات الحاصلة في أغلب مقاطع المجرى والتي تؤدي إلى حدوث انتشار عرضي لمياه الفيضان حيث تجاوز عرض الغمر الكلي على جانبي المجرى (1190m).

- تبين من الدراسة أنه لا يوجد خطر مباشر على سكان القرى المعرضة للغمر وخاصة مع وجود الزمن الكافي لاتخاذ إجراءات الحماية، حيث يجب اخلاق الطرق من المارة وخاصة الأطفال، وإخلاء الطوابق السفلية من السكان مع محاولة اغلاق المنافذ لقليل معدلات التسرب الممكن حدوثها.
- تتعرض جميع الطرق الواقعة ضمن منطقة الدراسة للغمر بمياه الفيضان، حيث يعتبر طريق (طرطوس-الصفصافة) هو الأخطر من حيث استمرارية وسرعة الغمر والتي تجاوزت (4 m/s) في منطقة التقاطع مع المجرى.

النوصيات:

- ضرورة اجراء أعمال الصيانة والتسوية لجوانب وقاع مجرى نهر الأبرش وخاصة في مقاطعه الأخيرة.
- تحديد حرم الأنهار بناء على سيناريوهات الغمر المدروسة والمخططات الناتجة عنها، وتقسيم المناطق على جانبي المجرى حسب درجة الخطير.
- وضع محطات لقياس الغزارة والمنسوب على كافة المجاري المائية وخاصة التي تتضمن سدود بهدف الحصول على قيم دقة عند اجراء الدراسات الخاصة بالمجرى.
- التخطيط المستقبلي لزيادة استثمار مياه السد في مختلف المشاريع وذلك من خلال السيطرة على مياه الفيضان وتوجيهها والاستفادة منها في تحسين الواقع المائي في البلاد
- ضرورة المحافظة على الغطاء النباتي وتشجير المناطق الممتدة على جانبي المجرى، والتوسيع في دراسة تأثير معامل الخشونة على سلوك الفيضان ومخططات الغمر.

8. المراجع

المراجع العربية

- 1- حلاوة، ليلى (2014) - الإدارة الهيدروليكيّة للموجة الفيضانيّة الناجمة عن انهيار سد ترابي والتخفيف من آثارها (منطقة الدراسة مجرى نهر العاصي بين سد قطينة والرسشن ومحرده). رسالة دكتورا في الهندسة المدنيّة، جامعة حمص.
- 2- إبراهيم، بتول (2019) - تخطيط الموارد المائية وإدارتها في حوض نهر الأبرش. رسالة ماجستير في الهندسة المدنيّة، جامعة حمص.
- 3- أحمد، علي (2022) - تحديد العناصر الهيدروليكيّة للموجات الفيضانيّة الناجمة عن الھطولات المطريّة واقتراح منشآت تنظيم لمجرى نهر الغمقة. رسالة دكتورا في الهندسة المدنيّة، قسم هندسة وإدارة المواد المائية، جامعة حمص.

المراجع الأجنبية

- 4- CHAGAS, P. F., SANTOS, S. H., ANDRADE, C., UETA, V., & SOUZA, R. (2010) Application of mathematical modeling to study flood wave behavior in natural rivers as function of hydraulic and hydrological parameters of the basin. Federal University of de Ciara, Fortaleza, Brazil.
- 5- Maguire, D. J. (1991). An overview and definition of GIS Geographical information systems. Principles and applications, 1(1), 9-20.
- 6- BRUNNER, G. W. (2016) HEC-RAS River Analysis System Version 5. Hydrologic Engineering Center, California.
- 7- Zhao, Q., Yu, L., Li, X., Peng, D., Zhang, Y., & Gong, P. (2021). Progress and trends in the application of Google Earth and Google Earth Engine. Remote Sensing, 13(18), 3778.
- 8- SHARMA, P., & MUJUMDAR, S (2016) Dam Break Analysis Using HEC-RAS and Hec-GeoRas–A Case Study of Ajwa Reservoir. Water Resources and Ocean Science, Vol.6.108.
- 9- Diedhiou, R., Sambou, S., Kane, S., Leye, I., Diatta, S., Sane, M. L., & Ndione, D. M. (2020). Calibration of HEC-RAS model for one dimensional steady flow analysis—a case of senegal river estuary

downstream diama dam. Open Journal of Modern Hydrology, 10(03), 45.

نَمْذِجَةُ الْعِوَالِمُ الْمُؤْثِرَةِ عَلَى مُقاوِمَةِ الْقُصْرِ فِي الْجَوَائِزِ الْخَرْسَانِيَّةِ غَيْرِ الْمُسْلَحَةِ قَصِّيًّا وَالْمُدَعَّمَةِ بِالْأَلِيَافِ الْفُولَادِيَّةِ بِاسْتِخْدَامِ الشَّبَكَاتِ الْعَصِيبِيَّةِ الْأَصْطَنَاعِيَّةِ

* أ.د. أكرم صقر¹

* أ.د. غاندي ججاج^{2*}

* م. سعيد هاشم سعيد^{3**}

المُلْخَص

يهدف هذا البحث إلى تحليل العوامل المؤثرة على مقاومة القص في الجوائز الخرسانية غير مسلحة بتسليح قص تقليدي والمدعمة بالألياف الفولاذية باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي، وتحديد الشبكات العصبية الاصطناعية (ANN) حيث اعتمدت الدراسة على تصميم نموذج ANN يشمل /11/ متغيراً رئيسياً تم استخلاصها من الأدبيات السابقة، مثل الأبعاد الهندسية للجائز، وخصائص الألياف الفولاذية (عامل الشكل، مقاومة الشد، النسبة الحجمية)، والمقاومة المميزة للبيتون، ونسبة التسليح الطولي وغيرها. وتم تدريب الشبكة على /188/ عينة واختبارها على /15/ عينة جديدة لم تتدرب عليها، حيث أثبتت كفاءة عالية في التنبؤ بقوّة القص مع خطأ نسبي لا يتجاوز 5%.

تكمّن الإضافة العلمية لهذا البحث في قررة النموذج على محاكاة التفاعل المعقد بين العوامل المؤثرة وتحديد الأكثر تأثيراً مثل نسبة التسليح الطولي (ρ) ونسبة فضاء القص إلى العمق الفعال (a/d)، النسبة الحجمية للألياف الفولاذية (Vf %) دون الحاجة إلى تجارب مخبرية مكلفة، وبعد التحقق من موثوقية النتائج فإنه بالإمكان استخدام البيانات المولدة من الشبكة كقاعدة لاقتراح تعديلات هيكلية (مثل تغيير نسبة الألياف أو تغيير أبعاد الجائز أو تغيير نسبة التسليح الطولي) بشكل نظري وفعّال، مما يقلل التكاليف والזמן اللازم للتجارب التقليدية، هذا النهج يفتح آفاقاً جديدة في تحسين تصميم العناصر الإنشائية المعقّدة باستخدام أدوات الذكاء الاصطناعي كبدائل ذكي للتجارب المادية، ويساعد في اقتراح علاقة مبسطة تستند إلى تحليل تأثير العوامل الأكثر تأثيراً على مقاومة القص نستطيع من خلالها تقدير مقاومة القص بشكل حسابي مبسط اعتماداً على العلاقة التالية:

$$Vu = 0.78 * \rho^{0.35} \left(\frac{a}{d} \right)^{-0.12} Vf^{0.18} f' c^{0.25} (bw * d)$$

¹ أستاذ دكتور في قسم الهندسة الإنشائية - كلية الهندسة المدنية - جامعة اللاذقية، اللاذقية، سوريا.

² أستاذ دكتور في قسم الهندسة الإنشائية - كلية الهندسة المدنية - جامعة اللاذقية، اللاذقية، سوريا.

³ طالب دكتوراه في قسم الهندسة الإنشائية - كلية الهندسة المدنية - جامعة اللاذقية، اللاذقية، سوريا.

الكلمات المفتاحية: الشبكات العصبية الاصطناعية، مقاومة القص، الجوازات البيتونية المسلحة ، الألياف الفولاذية.

Studying the Factors Affecting Shear Strength in Reinforced Concrete Beams Strengthened with Steel Fibers Using Artificial Neural Networks

Dr. Akram Sakkour *²

Dr. GANDIY GIHJAH **

Eng. Saeed Hashem Saeed ***

□ ABSTRACT □

This research aims to analyze the factors influencing the shear strength of steel fiber-reinforced concrete beams using artificial intelligence techniques, specifically Artificial Neural Networks (ANN). The study developed an ANN model incorporating 11 key variables derived from previous literature, including geometric dimensions of the beam (width, effective depth, span), steel fiber properties (aspect ratio, tensile strength, volumetric ratio), concrete compressive strength, longitudinal reinforcement ratio, and others. The network was trained on 73 samples and tested on 15 new samples, demonstrating high predictive accuracy with a relative error not exceeding 5%.

The scientific contribution lies in the model's ability to simulate the complex interaction between influencing factors and identify the most critical ones (e.g., longitudinal reinforcement ratio ρ and shear span-to-depth ratio a/d) without costly laboratory experiments. By validating the reliability of the results, the data generated by the network can serve as a basis for proposing structural modifications (e.g., optimizing fiber distribution or adjusting beam dimensions) theoretically and efficiently, significantly reducing the time and costs associated with traditional experimental methods. This approach paves the way for enhancing the design of complex structural elements using AI tools as a smart alternative to physical testing.

* Professor, Department of Structural Engineering, Faculty of Civil Engineering, Lattakia University, Lattakia, Syria.

** Professor, Department of Structural Engineering, Faculty of Civil Engineering, Lattakia University, Lattakia, Syria.

*** Postgraduate Student, Department of Structural Engineering, Faculty of Civil Engineering, Lattakia University, Lattakia, Syria.

Keywords: Artificial Neural Networks (ANN) , Steel Fibers, Shear Strength, Reinforced Concrete Beams.

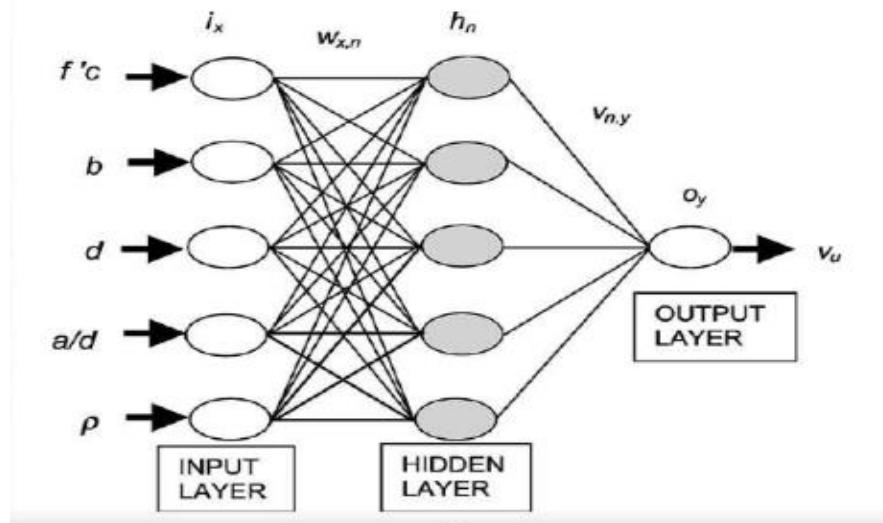
مقدمة:

تعد مقاومة القص في الجوائز الخرسانية غير مسلحة بتسلیح قص تقليدي والمدعمة بالألياف الفولاذية نتاج تفاعل معقد بين عوامل متعددة، تم توثيق تأثيرها في الأدبيات السابقة، وفي هذه الدراسة تم تطوير نموذج قائم على الشبكات العصبية الاصطناعية لتحليل تأثير العوامل المتعددة على مقاومة القص حيث أظهر النموذج كفاءة عالية في تمثيل العلاقة المعقدة وغير الخطية بين المدخلات الإنسانية المختلفة والمقاومة الناتجة، كما مكن من استكشاف أنماط التأثير التأزري بين العوامل الأكثر تأثيراً بطريقة دقيقة وموثقة، وفي هذا الإطار أجرى الباحث (Hadi) دراسة لمناقشة تطبيقات الشبكات العصبية في مجال الهندسة الإنسانية وبالخصوص في مجال التصميم بالاعتماد على نتائج التطبيقات وقد تبين من الدراسة أن الشبكات العصبية الاصطناعية ملائمة جداً للاستخدام في هذا المجال وذلك لدقة نتائجها وسهولة استخدامها وتطبيقها وكذلك مرونتها العالية في التعامل مع المشكلات المختلفة [1].

وفي ذات السياق قام الباحث (Mansour) وأخرون بدراسة تطبيق الشبكات العصبية الاصطناعية للتنبؤ بمقاومة القص العظمى للجوائز الخرسانية المسلحة بالاتجاهين الطولي والعرضي، حيث قاموا بإنشاء نموذج لشبكة عصبية اصطناعية باستخدام /671/ حالة لجائز خرساني مسلح تم تجميعها من دراسات سابقة وتم ترتيب النموذج المستخدم باستخدام تسعه محددات إدخال تشمل نسب التسلیح الطولي والعرضي، أبعاد مقطع الجائز (الطول-العرض)، نسبة فضاء القص الى العمق الفعال، مقاومة الخضوع لقضبان التسلیح الطولية والعرضية، المقاومة المميزة للبيتون.

حيث خلصت الدراسة إلى أن نموذج الشبكات العصبية الاصطناعية المختار أظهر تبايناً جيداً لإجهاض القص الأعظم من خلال محددات الإدخال التي أخذت بعين الاعتبار عند مقارنتها مع النتائج العملية والمدونات العالمية [5].

وأيضاً قام الباحث Andres Winston C. Oreta وأخرون بدراسة تطبيق الشبكات العصبية الاصطناعية لمحاكاة التأثير الحجمي على قوة القص في الجوائز الخرسانية بدون تسلیح عرضي حيث قاموا بإنشاء نموذج للشبكة العصبية الاصطناعية باستخدام /155/ حالة لجائز بيتوبي مسلح تم تجميعها من دراسات سابقة وتم ترتيب النموذج المستخدم باستخدام خمسة محددات إدخال والتي تشمل المقاومة المميزة للبيتون، عرض الجائز، الارتفاع الفعال، نسبة مجال القص للارتفاع الفعال، نسبة التسلیح الطولي كما يظهر الشكل رقم (2).



الشكل رقم(2) نموذج الشبكة العصبية الاصطناعية

وقد تبين من الدراسة أن النموذج يعطي نتائج تنبؤ جيدة مقارنة بالنتائج العددية والنظرية ومعادلات التصميم في المدونات العالمية، [4].

مشكلة البحث وهدفه:

تعاني النماذج التقليدية (مثل الكودات الدولية) من قصور في نماذج التفاعل المعقد بين العوامل المؤثرة على مقاومة القص في الجوانز المدعمة بالألياف الفولاذية، مثل تداخل تأثيرات الألياف مع التسلیح الطولي ونسبة (a/d) مما يؤدي إلى تنبؤات غير دقيقة ($\pm 30\%$)، كما أن الاعتماد على التجارب المخبرية لدراسة هذه التفاعلات يستهلك وقتاً وتكلفة عالية، وتكمّن أهمية البحث بأنه يقدم نموذجاً حاسوبياً عبر استخدام الشبكات العصبية الصناعية (ANN) للتنبؤ الدقيق بمقاومة القص، مما يقلل الحاجة للتجارب المكلفة، ويهدف هذا البحث إلى تطوير إطار تحليلي متقدم باستخدام الشبكات العصبية الاصطناعية (ANN) لفهم وتقدير مقاومة القص في الجوانز الخرسانية غير المسلحة بتسليح قص تقليدي والمدعمة بالألياف الفولاذية، يساهم في دراسة التأثيرات التأزرية بين العوامل الأكثر تأثيراً، وفهم العلاقات غير الخطية والمعقدة بينها، وصولاً إلى علاقة حسابية مبسطة يمكن أن تقدم نتائج بدقة مقبولة قدر الإمكان.

منهجية البحث:

يعتمد هذا البحث على منهج تحليلي تطبيقي يستند إلى استخدام أدوات الذكاء الاصطناعي، وتحديد الشبكات العصبية الاصطناعية (Artificial Neural Networks)، في دراسة تأثير العوامل المختلفة على مقاومة القص ولتحقيق ذلك تم استخدام مجموعة من الأدوات والطرق كما يلي:

1. تجهيز قاعدة البيانات:

تم جمع بيانات من دراسات سابقة موثوقة [1,3,4,5,7] شملت نتائج فحوصات لجوانز خرسانية غير مسلحة بتسليح قص تقليدي مدعمة بالألياف الفولاذية تحت تأثير القص، تضمنت خصائص المادة، الأبعاد الهندسية، نسب التسلیح، كمية الألياف، المقاومة المميزة للبيتون، نسب القص إلى العمق، وغيرها من المتغيرات المؤثرة.

2. تصميم نموذج الشبكة العصبية:

تم تكوين نموذج الشبكة العصبية بالاعتماد على البيانات العلمية التي تم جمعها من الدراسات المرجعية في هذا المجال وتم استخدام 88 حالة، بحيث كان المخرج المطلوب في هذا النموذج هو مقاومة القص v_u أما محددات الإدخال

كان عددها 11 / محدداً تشمل، عرض الجائز (bw)، ارتفاع الجائز (h)، مجاز الجائز ($L span$)، عامل الشكل للألياف (Lf/df)، قوة الشد للألياف المستخدمة ($Ften$)، نسبة مجال القص إلى الارتفاع الفعال (a/d)، النسبة الحجمية للألياف (Vf)، نسبة التسلیح الطولي (p)، القطر الأعظمي (da)، المقاومة المميزة للبيتون ($f'c$)، الارتفاع الفعال (d)، حيث كان نطاق متغيرات التدريب كما يوضح الجدول رقم (1)

جدول رقم (1) نطاق متغيرات التدريب

المتوسط	المدى	الوحدة	الرمز	المتغير
162.4	85 – 300	mm	bw	عرض الجائز
0.78	0.25 – 1.5	%	Vf	النسبة الحجمية للألياف
2.3	0.5 – 4.0	%	ρ	نسبة التسلیح الطولي
38.7	23.9 – 60.2	MPa	$f'c$	مقاومة انضغاط الخرسانة

وتمت الاستعانة بأداة NFTOOL في برنامج Matlab لبناء النموذج الرياضي وتحديد مواصفات الشبكة وفق عدة محاولات، حيث تم اعتماد شبكة تتكون من طبقة دخل تحوي (11) عنصر دخل، وطبقة مخفية بتغذية أمامية تحتوي (18) عصبوناً، وطبقة خرج تحتوي على عصبون واحد، وقيمة معامل الارتباط $R = 0.98306$.

3. تدريب الشبكة العصبية:

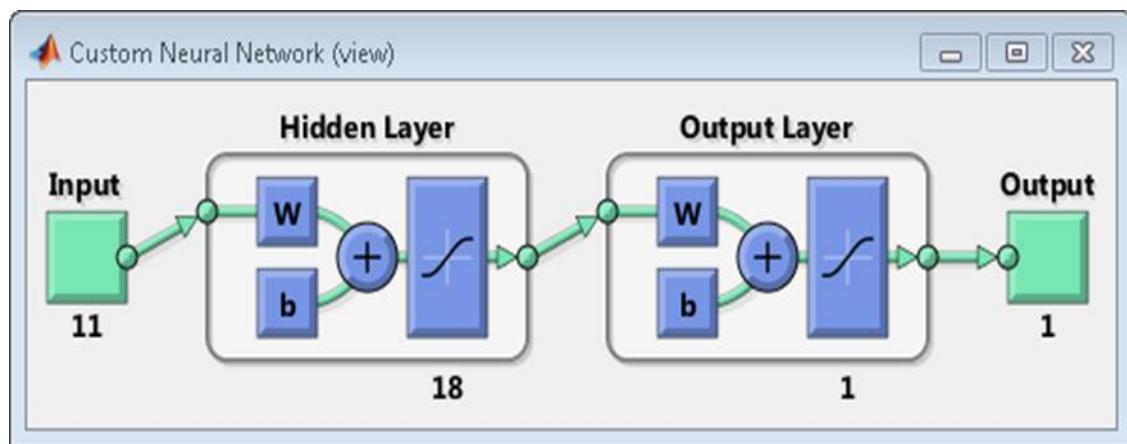
بعد أن تم بناء الشبكة التي ذكرت سابقاً وفق عدة محاولات تم تدريبيها أيضاً من خلال أداة المقاربة والملاءمة NFTOOL وتم اعتماد خطأ التدريب وهو (متوسط مربع الخطأ MSE) ولكل بنية شبكة تم القيام بالتدريب والتأكد والاختبار، وفيما يلي يوضح الجدول (2) عمليات بناء الشبكة باستخدام الماتلاب بطريقة التدريب والخطأ وعليه قيم معامل الارتباط R لكل من مرحلة (التدريب والتحقق والاختبار) وذلك للحالة الافتراضية في البرنامج للنسبة المئوية للبيانات (70%,15%,15%) والتي لم نضطر إلى تغييرها.

الجدول (2): نتائج تدريب الشبكة

Neurons	R Training	R Validation	R Test	Overall R	Cause of Stop
1	0.93745	0.89373	0.92648	0.93242	Validation Stop
5	0.97598	0.96637	0.95415	0.96522	Validation Stop
7	0.99028	0.9639	0.9442	0.97298	Validation Stop
9	0.99264	0.96514	0.9691	0.98222	Validation Stop
10	0.99141	0.95133	0.96791	0.98168	Validation Stop
12	0.99182	0.92692	0.96435	0.95493	Validation Stop
15	0.99265	0.93695	0.98592	0.98235	Minimum gradient reached
18	0.99002	0.98914	0.96006	0.98306	Validation Stop
22	0.98273	0.94531	0.95809	0.96977	Minimum gradient reached
25	0.99394	0.96533	0.94164	0.95882	Validation Stop
30	0.99126	0.97459	0.9256	0.97068	Minimum gradient reached

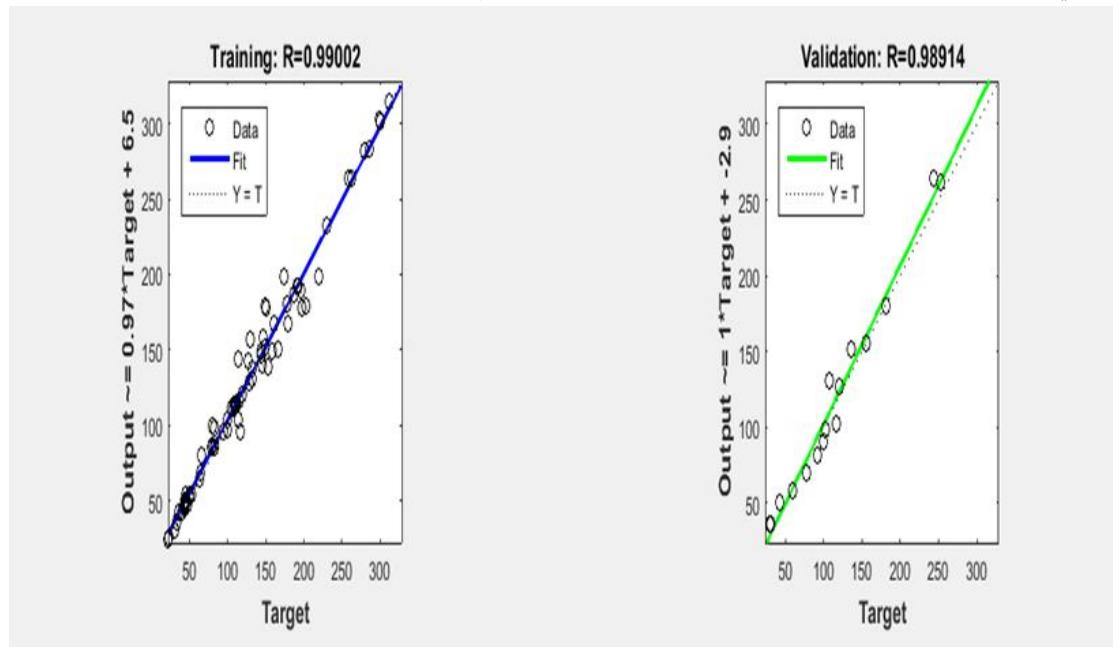
من خلال نتائج التدريب الموضحة في الجدول السابق لوحظ أن الشبكة العصبية المثلثي النهائية تعطي أكبر قيم لمعامل الارتباط R بخطأ أصغرى مقبول من أجل هيكلية تتضمن (11) وحدة في طبقة الدخل، وطبقة واحدة للخرج، وطبقة

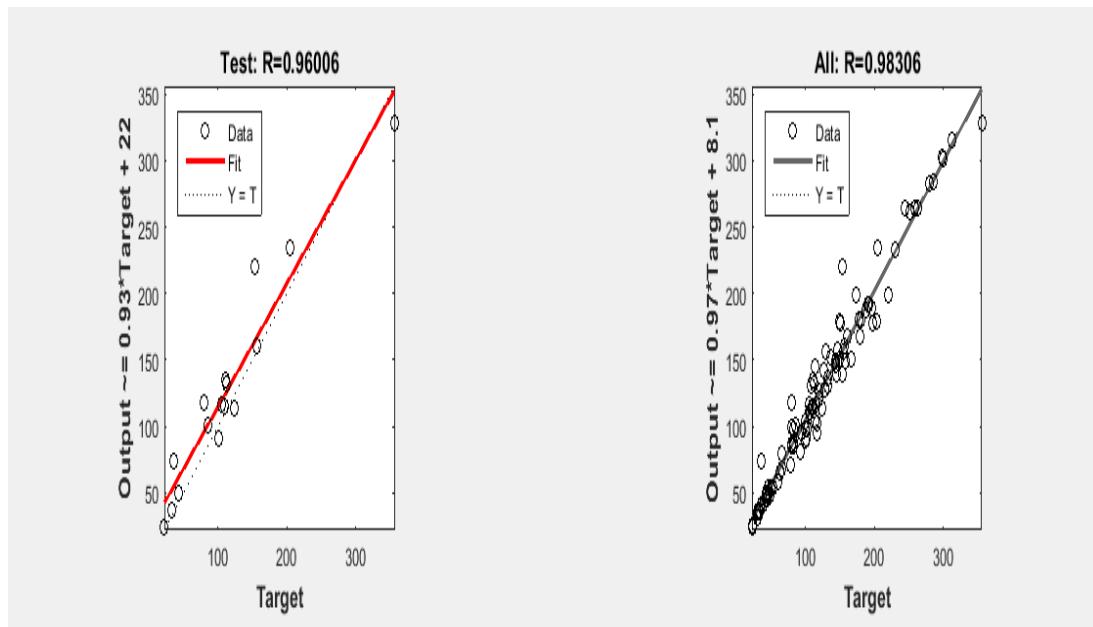
خفية واحدة، عدد عصيّونات فيها (18) عصيّون، تابع التفعيل فيها وفق $TANSIG$ هو تابع سيموند $NFTOOL$ بينما تابع التفعيل لطبقة الخروج هو التابع الخطّي $PURELIN$ كما يوضّح الشكل رقم (3).



الشكل (3): تمثيل الشبكة العصبية

ويوضّح الشكل رقم (4) نتائج تدريب الشبكة العصبية، حيث نلاحظ قيمة معامل الارتباط R بين القيم الحقيقية لقوّة القص في الجوانز البيتونية المسلحة المدعمة بالألياف الفولاذية والقيم المحسوبة الناتجة من الشبكة:





الشكل (4): نتائج تدريب الشبكة

حيث أن:

Y: محور المخرجات المحسوبة باستخدام الشبكة (ANN)

FIT : منحنى التقارب

X: محور المخرجات الحقيقة

O: قيم البيانات المدخلة

R : معامل الارتباط ، الخط المنقط: هو المثالى والمستمر وهو الذي يحقق الملائمة الأفضل.

ولمعرفة قوة العلاقة بينهما نذكر بأن قيمته كانت في مرحلة التدريب 0.99002 وقيمتها في مرحلة التأكيد 0.98914 وفي مرحلة الاختبار 0.96006 ، وهو ذو قيم ممتازة وقريبة جداً من الواحد حيث أنه كلما اقتربت قيمته من الواحد كانت العلاقة أقوى، كما يظهر الشكل رقم (5) أداء الشبكة العصبية حيث كانت أقل قيمة لمتوسط مربع الخطأ $MSE=119.2382$ عند (6) دورات تكرارية، وهي قيمة تعتبر مقبولة بالنسبة لقيم قوى القص في الجوائز البيتونية المسلحة المدعمة بالألياف الفولاذية المدخلة بقيمها الحقيقة.

4. نتائج اختبار الشبكة العصبية التي تم تصميمها وتدريبها لغاية هدف البحث:

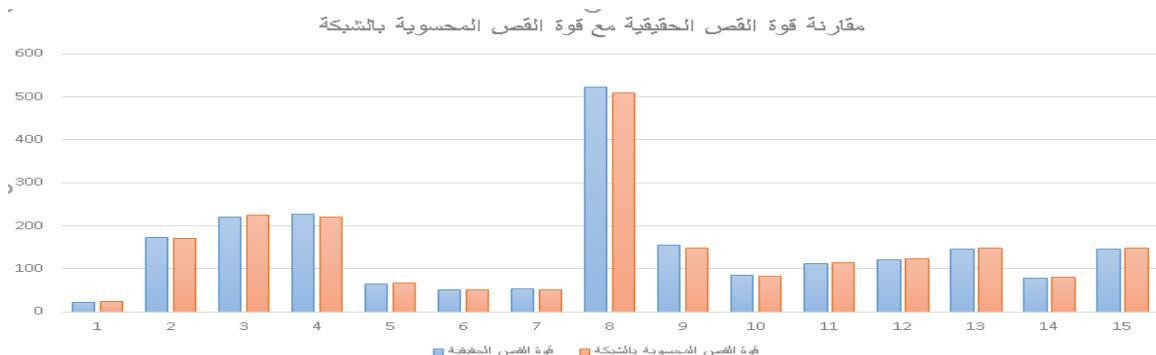
تم تزويد الشبكة بمجموعة من الإدخالات لتجارب جديدة لم تتدريب عليها من قبل (15 حالات للتحقق)، وقامت الشبكة بإعطاء النتيجة وبناء عليها تمت المقارنة بين قيم المخرجات المحسوبة بالشبكة وقيم المخرجات الحقيقة (القيم الحقيقة لقوة القص في هذه الجوائز) التي تم جمعها من الأبحاث المنشورة كما في الجدول التالي رقم (2):

الجدول (2): قيم مدخلات بعض التجارب المخبرية من المنشورات العلمية

M	عرض الجائز Bw mm	ارتفاع الجائز h mm	العمق الفعال d mm	مجاز الجائز L span mm	نسبة التسلیح p %	نسبة مجال القص إلى الإرتفاع الفعال a/d	القطر الأعظمي da mm	المقاومة المعيّنة للبيتون f'_c MPa	النسبة الحجمية لالألياف V_f %	عامل الشكل L_f/d_f	قوة الشد للألياف F_{ten} MPa	القيمة الحقيقة KN	القيمة المحسوبة KN	الخطأ النسبي %
1	85	150	130	1160	0.0205	3.02	9.6	30.6	0.5	133	2000	22	23.13	5%
2	152	455	381	2136	0.0196	3.44	10	38.1	1	55	1100	174	171.33	2%
3	152	455	381	2136	0.0263	3.44	10	49.2	1	80	1100	220	225.29	2%
4	205	685	610	3558	0.0152	3.5	10	29.6	0.75	80	1100	228	220.81	3%

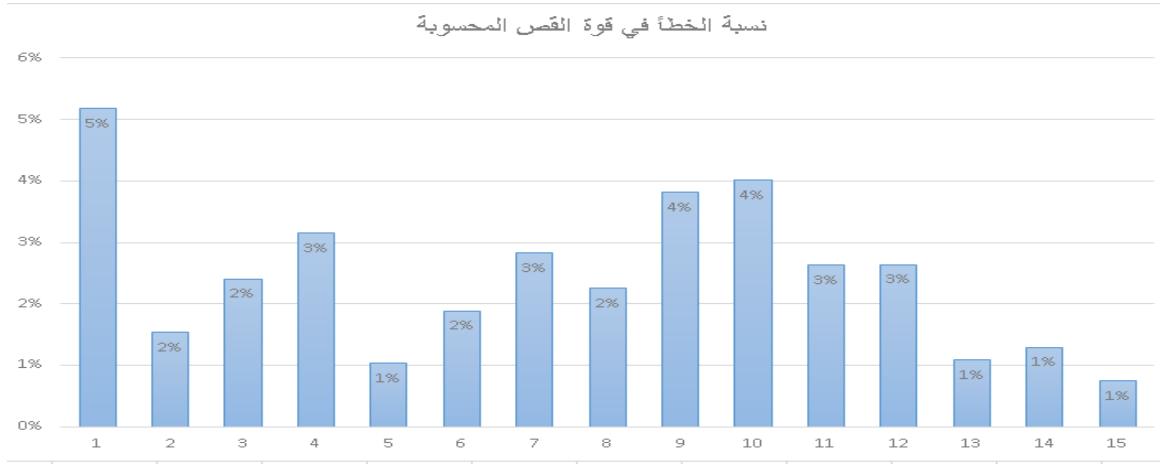
5	152	254	221	2100	0.0239	2.5	10	34	0.5	60	1130	65	65.66	1%
6	152	254	221	2100	0.0239	3.5	10	34	0.5	60	1130	50	50.94	2%
7	150	225	197	1603	0.0136	2.8	20	29.1	0.5	60	1260	53	51.5	3%
8	300	700	570	5000	0.0287	2.98	18	60.2	0.75	86	2200	522	510.23	2%
9	140	375	340	1910	0.0167	2.5	19	36	1	60	1100	155	149.09	4%
10	120	200	167	720	0.0132	1.43	13	23.9	1.5	60	1100	85	81.58	4%
11	200	300	260	1800	0.0355	3.46	14	46.4	0.25	65	1100	111	113.91	3%
12	200	300	260	1800	0.0355	3.46	14	43.2	0.5	65	1100	121	124.19	3%
13	152	304	282	1524	0.0199	2.5	9.6	33.2	1	100	1100	146	147.58	1%
14	125	250	222	1200	0.0145	1.8	10	30	0.5	80	1225	79	80.01	1%
15	120	300	266	1100	0.0126	1.13	20	31.9	0.6	50	834	146	147.08	1%

وبعد الاختبار وتدقيق النتائج الموضحة بالجدول رقم (2) تبين أن نسبة الخطأ بين القيم لحقيقة والقيم المحسوبة تراوحت بين [0.667457 - 1.139951] وتشير هذه القيم إلى أن نسبة الخطأ صغيرة ومحبولة، ولم تتجاوز أكبر قيمة للخطأ النسبي 5% في التجربة رقم (1)، وهذه النسبة في خطأ تقدير الشبكة تعتبر صغيرة بالنسبة لقيمة قوة القص، وبالتالي نستطيع اعتبار الشبكة العصبية جيدة، حيث أنها استطاعت تحقيق النتائج المرجوة منها بأخطاء نسبية صغيرة، كما يوضح الشكل رقم (5) نتائج عينة الاختبار في مرحلة التأكيد، ويعرض لكل منها قوة القص الحقيقة وقوة القص المحسوبة بالشبكة.



الشكل (5): مقارنة قوة القص المحسوبة بالشبكة مع قوة القص الحقيقة

كما تم حساب الخطأ النسبي بين قوة القص الحقيقة وقوة القص المحسوبة بالشبكة لكل من تجارب عينة الاختبار وهو يساوي: (قوة القص المحسوبة بالشبكة - قوة القص الحقيقة) / قوة القص الحقيقة ، وقد وصلت القيمة العظمى للنسبة المئوية للخطأ إلى 5% كما هو مبين في الشكل التالي رقم (6):



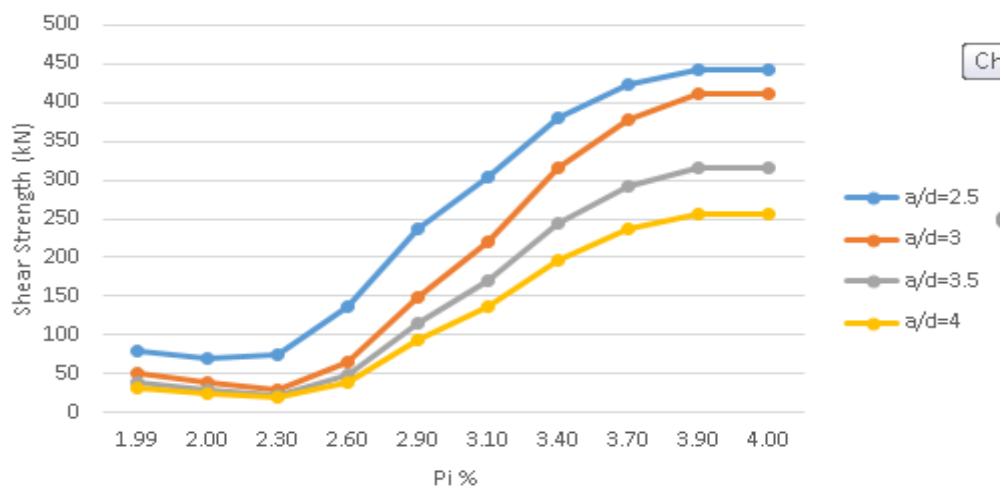
الشكل (6): نسبة الخطأ في تقدیر قویة القص موضع البحث

بعد تدريب النموذج العصبي بنجاح، تم استئثاره لتحليل تأثير العوامل المختلفة على مقاومة القص في الجوائز الخرسانية المسلحة المدعمة بالألياف الفولاذية، ثم مقارنة نتائج النموذج مع الكود العربي السوري، حيث تمت دراسة التأثير التأزري للعوامل الأكثر تأثيراً على مقاومة القص باستخدام الشبكات العصبية الاصطناعية.

أولاً: تحليل التفاعل بين العوامل باستخدام مخططات لعلاقة مقاومة القص مع كل زوج من العوامل كما يلي:

- التأثير التأزري لكل من (نسبة التسلیح والنسبة a/d) على مقاومة القص: حيث يبيّن الشكل (7) تأثير قيمتي كل من نسبة حديد التسلیح الطولي (pi)، وقيمة فضاء القص/عمق العتبة (a/d) على قيمة مقاومة القص في الجوائز الخرسانية غير المسلحة بتسليح قص تقليدي، ونلاحظ أنه بزيادة قيمة (pi) فإن قيمة مقاومة القص سوف تزداد تدريجياً، كما نلاحظ أن نسبة التسلیح لها تأثير أوضح بين ($3.4 - 3.4 = 2.3$) حيث تبدأ قيمة مقاومة القص بالتزاد تدريجياً أي أن فإن تأثير (pi) يكون واضحاً وذلك ناتج من تداخل العزم مع القص.

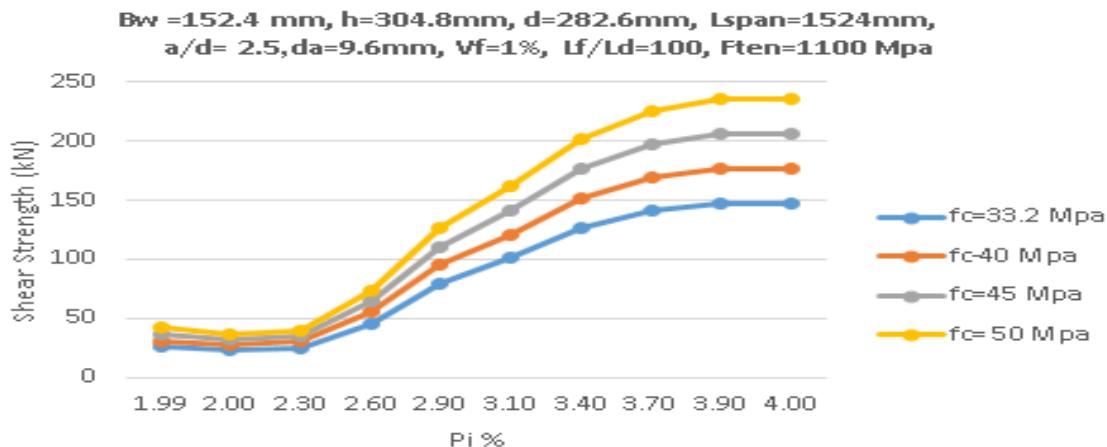
$Bw = 152.4 \text{ mm}$, $h = 304.8 \text{ mm}$, $d = 282.6 \text{ mm}$, $Lspan = 1524 \text{ mm}$, $da = 9.6 \text{ mm}$,
 $fc = 33.2 \text{ MPa}$, $Vf = 1\%$, $lf/Ld = 100$, $Ften = 1100 \text{ MPa}$



الشكل رقم (7) التأثير التأزري لكل من نسبة التسلیح والنسبة a/d على مقاومة القص

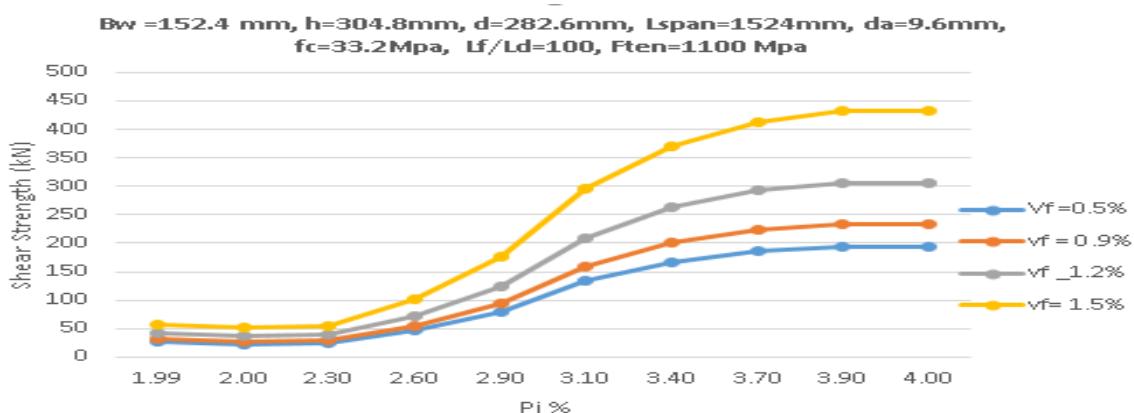
- التأثير التأزري لكل من (نسبة التسلیح والمقاومة المميزة للبيتون) على مقاومة القص: يظهر الشكل (8) تأثير قيمتي كل من نسبة حديد التسلیح الطولي (pi) والمقاومة المميزة للبيتون (f'_c) على قيمة مقاومة القص في الجوائز الخرسانية غير المسلحة بتسليح قص تقليدي، ونرى أن زيادة المقاومة المميزة للبيتون (f'_c) تزيد من تحمل الجائز

لقوى القص، حيث ازدادت مقاومة القص من (150kN) إلى (240kN) عندما ازداد المقاومة المميزة للبيتون (‘ f_c ’) من (33.2 MPa) إلى (50 MPa) عند قيمة ($pi = 4\%$)، وهذه النتيجة متوافقة لما ورد في جميع المدونات حيث إن مقاومة القص يتاسب طردياً مع المقاومة المميزة للبيتون (‘ f_c ’) ، نرى إن زيادة نسبة حديد التسلیح الطولی تعمل على زيادة قيمة مقاومة القص للجائز، حيث ازداد من (49kN) إلى (240kN) ، وعندما ازدادت نسبة التسلیح من (4%) إلى (1.99%) وعند قيمة ($f_c' = 50 \text{ MPa}$).



الشكل رقم (8) التأثير التأزري لكل من نسبة التسلیح والمقاومة المميزة للبيتون على مقاومة القص

▪ التأثير التأزري لكل من (نسبة التسلیح والنسبة الحجمية للألياف) على مقاومة القص: حيث أن لشكل (9) يوضح تأثير قيمي كل من نسبة حديد التسلیح الطولی (pi) والنسبة الحجمية للألياف ($Vf \%$) على قيمة مقاومة القص، وهو يشابه الشكل (8) حيث إنه عند زيادة كل من قيمة نسبة حديد التسلیح الطولی والنسبة الحجمية للألياف ($Vf \%$) فإن مقاومة القص للجائز سوف تزداد، فقد ارتفعت قيمة مقاومة القص للجائز من (60kN) إلى (440kN) عند زيادة (pi) من (1.99%) إلى (4%) وقيمة ($Vf = 1.5\%$)، كما ارتفعت قيمة مقاومة القص للجائز من (200kN) إلى (440kN) عند زيادة ($Vf \%$) من (0.5%) إلى (1.5%) وعند قيمة ($pi = 4\%$).

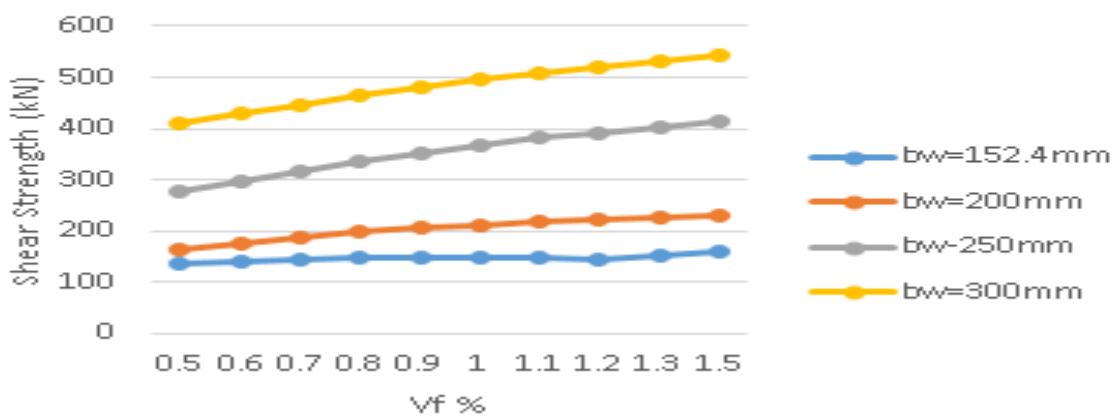


الشكل رقم (9) التأثير التأزري لكل من نسبة التسلیح والنسبة الحجمية للألياف على مقاومة القص

▪ التأثير التأزري لكل من (النسبة الحجمية للألياف وعرض الجائز) على مقاومة القص: حيث أن لشكل (10) يوضح تأثير قيمي كل من والنسبة الحجمية للألياف ($Vf \%$) وعرض الجائز (bw) على قيمة مقاومة القص،

حيث إنه عند زيادة كل من قيمة والنسبة الحجمية للألياف ($Vf\%$) وعرض الجائز (bw) فإن مقاومة القص للجائز سوف تزداد، فقد ارتفعت قيمة مقاومة القص للجائز من (400kN) إلى (530kN) عند زيادة ($Vf\%$) من (1.5%) إلى (0.5%)، وقيمة ($bw = 300mm$) كما ارتفعت قيمة تحمل العتبة من (170 kN) إلى (300 mm) عند قيمة ($Vf = 1.5\%$) (530 kN).

**h=304.8mm, d=282.6mm, Lspan=1524mm, a/d=2.5
da=9.6mm, fc=33.2Mpa, Vf=1%, lf/Ld=100, Ften=1100
Mpa**



الشكل رقم (10) التأثير التأزري لكل من نسبة الألياف وعرض الجائز على مقاومة القص

ثانياً: مقارنة نتائج النموذج مع الكود العربي السوري

بالرجوع إلى الكود العربي السوري لتحديد العلاقة التي نحسب مقاومة القص بموجبها للجوائز الخرسانية غير المسلحة بتسليح قص تقليدي، وجدنا أن العلاقة الحسابية هي:

وبتطبيق هذه المعادلة على الحالتين رقم (5 و 10) من الحالات التي تم حساب مقاومة القص فيها باستخدام الشبكة العصبية ANN والواردة ضمن (الجدول رقم 2) نجد أن مقاومة القص كانت كما يلى:

الجدول (3): مقارنة نتائج النموذج مع الكود العربي السوري

العينة	V _u (تجريبي)	V _u (ANN)	V _u (كود سوري)
5	65 kN	65.7 kN	54.2 kN
10	85 kN	81.6 kN	68.3 kN
نسبة الخطأ	-	3.2%	22.7%

بعد تحليل تأثير العوامل المختلفة على مقاومة القص في الجوائز الخرسانية غير المسلحة بتسليح قص تقليدي والمدعمة بالألياف الفولاذية، من خلال دراسة التأثير النازري للعوامل الأكثر تأثيراً على مقاومة القص باستخدام الشبكات العصبية الاصطناعية، لاحظنا أن علاقة الكود السوري لا تأخذ بعين الاعتبار الألياف الفولاذية وفي هذا السياق قمنا بصياغة معادلة حسابية ميسّطة تعتمد على معطيات النموذج المصمم وتراعي وجود الألياف وكانت على الشكل التالي

وبطبيق هذه المعادلة على الحالتين رقم (5 و 10) من الحالات التي تم حساب مقاومة القص فيها باستخدام الشبكة العصبية ANN الواردة ضمن (الجدول رقم 2) ، والمقارنة مع علاقة الكود العربي السوري نجد أن مقاومة القص كانت كما يلي:

العينة	Vu (تجريبي)	Vu (علاقة مقترحة)	Vu (كود سوري)
5	65 kN	65.66 kN	54.2 kN
10	85 kN	81.58 kN	68.3 kN
نسبة الخطأ	-	2.5%	22.7%

الاستنتاجات والتوصيات:

1. يقام نموذج ANN تنبؤات دقيقة بأخطاء أصغر من (5 %) مقارنة بعلاقة الكود العربي السوري التي تصل نسبة الخطأ فيها إلى (22.7 %) الأمر الذي يجعل نموذج ANN أداةً موثوقةً للاستغناء عن التجارب المخبرية في المراحل الأولية.
2. إعادة النظر في العلاقة التقليدية المعتمدة في الكود العربي السوري، لتأخذ بعين الاعتبار العوامل الحديثة كالألياف وتأثيراتها التأزرية مع باقي المتغيرات الإنسانية، وذلك بدعم من تقنيات الذكاء الاصطناعي.
3. الألياف الفولاذية تعوض كلياً عن غياب تسلیح القص عدد $Vf \geq 1\%$.
4. إن العلاقة المقترحة تقدم تنبؤات أكثر دقة بمتوسط خطأ 2.5 % مقارنة مع العلاقة المستخدمة في الكود العربي السوري متوسط خطأ 22.7 % ويعود ذلك إلى أن العلاقة المبسطة تهتم بإشراك مساهمة الألياف في حساب مقاومة القص للجوازات الخرسانية غير المسلحه بتسليح قص تقليدي.
5. يُستحسن دراسة تأثير متغيرات أخرى على مقاومة القص مثل نوع الألياف، نوع البeton ودماجها في نماذج مستقبلية لتقديم تمثيل أكثر شمولاً.

المراجع:

- [1]. An-Najjar H.M., " Prediction of Ultimate Shear Strength of Reinforced Concrete Deep Beams Using Artificial Neural Networks", M.Sc. Thesis, Department of Civil / Structural Engineering, Islamic University, Gaza, 2005.
- [2]. Tully S.H., "A Neural Network Approach for Predicting the Structural Behavior of Concrete Slabs", M.Sc. Thesis, Faculty of Engineering and Applied Science, University of Newfoundland, Canada, 1997.
- [3]. Nandy S., "Assessing External Reinforcement on Reinforced Concrete Beams Using Neural Networks", M.Sc. Thesis, Department of Civil Engineering, University of Florida, 2001.
- [4]. Oreta A.W. C., "Simulating Size Effect on Shear Strength of R.C. Beams Without Stirrups Using Neural Networks", Engineering Structures, Vol. 26, 2004, pp. 681-691.
- [5]. Mansour M. Y., Dicleli M., Lee J.Y., and Zhang J., "Predicting the Shear Strength of Reinforced Concrete Beams using Artificial Neural Networks", Engineering Structures Vol. 26, 2004, pp. 781-799.
- [6]. Yousif S. T., "Artificial Neural Networks Modeling of Elasto_Plastic Plates", Ph.D. Thesis, Department of Civil Engineering, University of Mosul, Iraq, 2007.
- [7]. Yousif, S. T. and Abdullah, S. "Artificial neural networks model for predicting compressive strength of concrete.", Tikrit Journal of Eng. Sciences, Vol.16, No.3, September 2009, pp.55 - 63.
- [8]. Syrian Parliament, The Syrian Civil Code (Al-Kood Al-Arabi Al-Souri), Legislative Decree No. 84, Damascus, Syria, 1949.

إنتاج الغاز الحيوي عند تخمير روث الأبقار وفضلات الطعام باستخدام مفاعل UASB

الدكتور عادل عوض¹ الدكتور حسام صبور²

الدكتور رائد جعفر³ م. كندة علي⁴

الملخص

إن مفاعل بطانية الحمأة اللاهوائي ذو التدفق العلوي (UASB) هو طريقة معالجة لاهوائية فعالة في معالجة مياه الصرف الصحي والصناعي وروث الحيوانات وبقايا المحاصيل الزراعية ونفايات الطعام . إن إنتاج الغاز الحيوي في سوريا ما زال في مرحلته البدائية وأصبح ضرورة ملحة، إلى جانب وجود كمية كبيرة من الكتلية الحيوية الأولية وقدر بنحو 379 مليون طن سنويًا بناء على معلومات المركز القومي لبحوث الطاقة السنوية) ويمكنها أن تولد حوالي 4.6 مليار متر مكعب من الغاز الحيوي عند معالجتها. تم تصميم مفاعل UASB بمقاييس مختبرى بقطر 19 سم وارتفاع 115 سم لتحقيق أقصى إنتاج للغاز الحيوي . كانت نسب خلط روث الأبقار مع نفايات الطعام المستخدمة 10%

¹أستاذ مساعد في قسم الهندسة البيئية-كلية الهندسة المدنية- جامعة تشرين-اللاذقية- سوريا.

²أستاذ مساعد في قسم الهندسة البيئية-كلية الهندسة المدنية- جامعة تشرين-اللاذقية- سوريا.

³أستاذ مساعد في قسم الهندسة البيئية- كلية الهندسة المدنية- جامعة تشرين-اللاذقية- سوريا.

⁴طالبة دكتوراه في قسم الهندسة البيئية- كلية الهندسة المدنية- جامعة تشرين-اللاذقية- سوريا.

إنتاج الغاز الحيوى عند تخمير ركائز مشتركة من روث الأبقار وفضلات الطعام باستخدام مفاعل
UASB

و18% و60% عند درجة حرارة 35 درجة مئوية لمدة 35 يوماً، تم قياس العديد من البارامترات التي تؤثر على إنتاج الغاز.

كان إنتاج غاز الميثان 8.1 لتر عند 10% من نفايات الطعام و7.4 لتر عند 18% من نفايات الطعام، و 7.1 لتر عند 40% من نفايات الطعام، و 6.6 لتر عند 60% من نفايات الطعام. تم تحقيق أعلى إنتاج للغاز الحيوى باستخدام 10% من نفايات الطعام وروث الأبقار ويعود ذلك لقربها من نسبة الكربون إلى النيتروجين المثالية (C/N).

الكلمات المفتاحية: مفاعل UASB - هضم لاهوائي - الغاز الحيوى - النفايات الصلبة العضوية.

Biogas Production by Fermentation of Combined Substrates of Cow Dung and Food Waste using UASB Reactor

Dr.Adel Awad⁵

Dr.Hossam Sabbouh⁶

Dr.Raed Jafer⁷

Eng.Kinda Ali⁸

▽ ABSTRACT ▽

for The up flow anaerobic sludge blanket (UASB) reactor is an important and effective anaerobic treatment method for sewage, industrial wastewater, animal manure, agricultural crop residues, and food waste . Biogas production in Syria is still in its early stages and has become an urgent necessity, in addition to the large amount of primary biomass, estimated at about 379 million tons per year, which can generate about 4.6 billion cubic meters of biogas when treated.

⁵ Professor in the Department of Environmental Engineering – Faculty of Civil Engineering – Tishreen University – Lattakia – Syria.

⁶ Assistant Professor in the Department of Environmental Engineering – Faculty of Civil Engineering – Tishreen University – Lattakia – Syria.

⁷ Assistant Professor in the Department of Environmental Engineering – Faculty of Civil Engineering – Tishreen University – Lattakia – Syria.

⁸ Engineering – Faculty of Civil Engineering – Tishreen University – Lattakia – Syria.

The UASB reactor was designed in a laboratory scale with a diameter of 19 cm and a height of 115 cm to achieve maximum methane gas production. The mixing ratios of cow manure with the used food waste were 10%, 18%, 40% and 60% at a temperature of 35 °C for 35 days. Several parameters affecting gas production were measured. Methane production was 8.1 L at 10% food waste, 7.4 L at 20% food waste, 7.1 L at 40% food waste, and 6.6 L at 60% food waste. The highest biogas production was achieved using 10% food waste and cow manure due to their proximity to the ideal carbon to nitrogen ratio (C/N).

Key words: UASB reactor – Anaerobic digestion – Biogas – Organic solid waste.

المقدمة:

يعتبر الهضم اللاهوائي تطبيق واسع الانتشار وتكنولوجيا مختصة في معالجة النفايات العضوية المختلفة وإنتاج الغاز الحيوي والسماد العضوي (Tufaner and Avsar 2016) في حين عدم وجود إدارة مناسبة للنفايات الصلبة البلدية (MSW) قد تسبب الأجزاء العضوية العديدة من المشكلات البيئية بما فيها تلوث التربة والمياه الجوفية من الرشاحة ومن الانبعاثات غير المقيدة للميتان .

على مر السنين نشأ الوعي حول هذه المشاكل بين الباحثين وقد البحث إلى إيجاد تكنولوجيا جديدة للطاقة المتهددة بما فيها الغاز الحيوي، لذا أكد (Rosas, 2018) أهمية تحسين الهضم اللاهوائي (AD) أكثر مما مضى أخذًا بعين الاعتبار التنمية المستدامة والفهم العميق للعمليات البيولوجية من أجل إنتاج الغاز الحيوي بشكل حقيقي .

تم استخدام نفايات مختلفة تشمل النفايات الصلبة البلدية، وحماية الصرف الصحي، ونفايات المطبخ، وروث الحيوانات لتوليد الغاز الحيوي عن طريق الهضم اللاهوائي من قبل بباحثين مختلفين [(Zhang,2013) . Sendaaza 2018]. ولكن في الآونة الأخيرة، تحول الاهتمام إلى الهضم المشترك لنفايات المطبخ وروث الحيوانات لتعزيز إنتاج الغاز الحيوي. الهضم المشترك اللاهوائي هو عملية يتم فيها هضم اثنين أو أكثر من النفايات القابلة للتحلل البيولوجي في وقت واحد في المفاعل من أجل تعزيز كفاءة التحول الحيوي [Mat,2019].

تدعم عملية الهضم المشترك بشكل كبير إعادة تدوير مجموعة واسعة من النفايات والتأثير التعاوني للأنشطة الميكروبية من خلال تحسين توازن المغذيات مما يؤدي وبالتالي إلى استقرار العملية [Sayara,2019].

⁹ Municipal Solid Waste

¹⁰ Anaerobic Digestion

كما صرخ [Sayara,2019] أنه من أجل كفاءة أداء العملية، من الضروري اختيار ركيزة مشتركة مناسبة بنسبة خلط مناسبة ومعدل تحميل عضوي مناسب¹¹ (OLR) وخصائص ركيزة مشتركة أثناء الهضم المشترك اللاهوائي.

ونظراً لأن سوريا تتمتع بمناخ البحر الأبيض المتوسط ومصادر متعددة للطاقة (الشمس ، الرياح ، الزيت ، الماء ، إلخ). هذا بالإضافة إلى إمكانية إنتاج الغاز الحيوى لأنه بلد زراعي يحتوى على عدد كبير من الماشية التي تنتج حوالي 44 مليون طن سنوياً من السماد الطبيعي ويمكن أن تنتج حوالي 2.27 مليار متر مكعب من الغاز الحيوى(حسب دراسة إحصائية عام 2009) هذه النسبة تختلف حسب نوع وكمية العلف (الجدول 1).

الجدول (1) كمية الغاز الحيوى التي يمكن إنتاجها سنوياً في سوريا			
Type	Produced manure (million ton/year)	Produced biogas (million m3/year)	
Sheep and goats	14.45	14.45	
Cows			
Oxen	0.1	3.94	
Calves	4.16	166.05	
Dairy cows	13.12	524.91	
Non Dairy cows	3.16	126.48	
Calf female	0.6	23.99	
Horses family			
Horses	0.12	4.89	
Donkey and mule	0.8	32.16	
Poultry			
Chicken	0.7	48.84	
produces eggs			
Mother Chicken	0.32	16.19	

¹¹ Organic load rate

Chicken	6.04	422.84
Dinde	0.04	2.64
Duck and goose	0.01	0.44
Buffalo	0.14	5.52
Camel	0.61	24.24
Total	44.28	2,270.64

تستند الجدوى الاقتصادية لطاقة الكتلة الحيوية في سوريا إلى معلومات المركز القومي لبحوث الطاقة السنوية، والتي تشير إلى أن الكميات الرئيسية للكتلة الحيوية (مثل الروث، والنفايات المنزلية، والنفايات الزراعية، ومياه الصرف الصحي) تبلغ حوالي 379 مليون. فيما إذا تم علاجه مع الهضم اللاهوائي يمكن أن تنتج 4.6 مليار متر مكعب من الغاز الحيوي سنوياً أي ما يعادل الإنتاج السنوي 25 مليار واط من الكهرباء وما يعادل 2.7 مليار لتر من дизيل بالإضافة إلى إنتاج 341 مليون طن من السماد العضوي عالي الجودة (Jafar and Awad, 2021).

وبالتالي، إجمالي الإيرادات من تطبيق تكنولوجيا الغاز الحيوي في سوريا يمكن أن تدر دخلاً يقارب 2 مليار يورو سنوياً، ما يعادل 4.6 مليار متر مكعب من الغاز الحيوي سنوياً.

أهمية البحث وأهدافه:

بعد هذا البحث من الأبحاث التي تعنى في إيجاد حل فعال لمشكلة تفاقم كمية المخلفات العضوية بشقيها (المنزلي والحيواني) في سوريا الناتجة عن القطاع الزراعي في سوريا الذي يحتل مكانة هامة بين القطاعات الاقتصادية والتي تهدر دون الاستفادة منها، كما تكمن أهميته في كونه أحد محاور البحث البيئي المطروحة من قبل وزارة الإدارة المحلية والبيئة. لكون طريقة التخمير اللاهوائي للمخلفات العضوية طريقة فعالة في تحويل المخلفات العضوية إلى غاز وسماد عضوي يُستفاد منه في زيادة خصوبة التربة من جهة وتمتاز بانخفاض الكتلة الحيوية الناتجة وطلب أقل للمغذيات وتقليل للانبعاثات.

وبهدف هذا البحث:

- تحسين وتطوير عملية إنتاج الغاز الحيوى من خلال تصميم مفاعل UASB مخبرى.
- تشغيل المفاعل وتحقيق استقراره مع مراعاة الظروف البيئية المحلية من حيث درجة الحرارة وأنواع الركائز المتاحة، وذلك بأقل التكاليف الممكنة.
- تحديد نسب الخلط المثلى للركائز المختلفة في عملية الهضم اللاهوائى المشترك، وذلك من خلال إجراء سلسلة من التجارب المتكررة. يتم خلال هذه التجارب قياس وتقدير البارامترات المؤثرة على إنتاج الغاز الحيوى، بهدف الوصول إلى أعلى معدل ممكن لإنتاج هذا الغاز.

طرائق البحث ومواده:

الهضم المشترك اللاهوائى لنفايات المطبخ مع روث الحيوانات:

إن زيادة المغذيات النيتروجينية أو الكربونية، وتركيزات المعادن الثقيلة، وترامك الأحماض الدهنية المتطرفة، فضلاً عن انخفاض محتوى المواد العضوية، يعمل على تثبيط عملية الهضم وبالتالي تقليل إنتاج الغاز الحيوى. ويمكن تحسين كفاءة عملية الهضم المشترك اللاهوائى من خلال إضافة/خلط ركيزة مشتركة متوافقة لإنشاء توازن غذائى وقدرة تخزينية للعملية من أجل الحصول على أقصى إنتاج للغاز الحيوى من خلال الهضم المشترك [Vats,2020]. إن عملية الهضم المشترك اللاهوائى والتي تعد فعالة من حيث التكلفة وتتوفر حالاً لنقص أو عدم كفاية المغذيات في الركائز [Sayara,2019]. الهضم المشترك اللاهوائى هو هضم خليط من ركيزتين أو أكثر بخصائص تكمل بعضها البعض من أجل تحسين إنتاج الغاز الحيوى [Mata,2011].

الهضم المشترك اللاهوائي ليس مجرد تقنية معالجة ركيزة لخلط نوعين أو أكثر من النفايات المختلفة بل يعتمد نجاحه على اختيار أفضل نسبة خلط من أجل منع التثبيط وضبط نسبة

الجدول (2) نسبة الكربون إلى النتروجين في نفايات الطعام / المطبخ وروث الحيوانات [Sayara, 2019, Sunny, 2018, Singh, 2017]

الركيزة العضوية	Carbon–nitrogen (C–N) ratio range
نفايات المطبخ	26–30
روث الابقار	16–25
زرق الدواجن	5–15
بقايا الخضروات والفواكه	7–35
نفايات طعام	3–17
نفايات طعام مختلفة	15–32

الكربون والنتروجين والسماح بالتأثير التأزري للકائنات الحية الدقيقة [Kwietniewska, 2014]. أفاد [Minale, 2014] أن نفايات المطبخ تحتوي على نسبة عالية من الكربون العضوي ونسبة منخفضة من النتروجين.

تصنيف المواد الخام (حالة الدراسة):

نفايات الطعام:

تم جمع بقايا الطعام أي بقايا الخضروات و الفواكه (OFMSW12) الطماطم والبطاطس والبازنجان والجزر و قشور الموز والتفاح و الفليفلة و الخيار) من عدة منازل ريفية في منطقة الشراشير جبلة لمدة ثلاثة أشهر في أواخر فصل الصيف وأوائل فصل الخريف

¹² organic fraction of municipal solid waste

لعام 2023 لضمان تجانس وتنوع العينات لاستخدام الجزء العضوي من النفايات الصلبة البلدية كمادة خام لاستعادة الطاقة. تم تقطيع النفايات إلى قطع صغيرة باستخدام طريقة التقطيع لإعداد العينة وفقاً لـ BS EN 14899:2005 للوصول إلى أحجام بأبعاد 2-5 مم.

تم تغليف العينة في أكياس بلاستيكية محكمة الغلق وحفظها في الثلاجة للاختبار، قبل كل تشغيل اختبار يتم طحن العينات باستخدام خلاط لتحقيق التجانس، وقدرت الكمية المستخدمة الكلية في كل التجارب بما يعادل 15 كغ.

روث الأبقار

تم إحضار روث الأبقار الطازج من مزرعة محلية في منطقة خربة الدنيا - جبلة، تحتوي على 20 بقرة من النوع الهولندي (فريزيان) ويبلغ معدل الإنتاج اليومي من الروث للبقرة البالغة 40 كغ / يوم.

تم جمع الروث الطازج في الصباح وأخذت العينات من عدة مواقع في الحظيرة للحصول على الروث المتتجانس، تتراوح نسبة C/N للروث بين 16-25 ضمن أكثر الأدبيات، تم مزج الروث مع ماء الصنبور وإزالة ما يحتويه من شوائب ناجمة عن استخدام القش بساحات التغذية وبعد روث الأبقار غني بالسليلوز يمكن هضمها بسهولة في غياب الأكسجين لذا يعتبر مصدر جيد للأسمدة دون أي تأثير ضار على النباتات (Lamb, 2020) يوضح الجدول (3) خصائص المواد الخام قبل إضافة المياه والخاط.

خصائص الركيزة الخام قبل الخلط		
روث الأبقار	فضلات الطعام	المعايير
93.2	94.6	محتوى الرطوبة (%)
6.32	5.1	محتوى الكربون (%)
5.92	5.01	المواد الصلبة الكلية (%)
3.36	3.1	المواد الصلبة المتطايرة (%)
0.32	0.21	مواد لاعضوية
36	14	آزوت
6.12	5.82	pH

تم قياس عدة بارامترات للركيزة قبل التخمير (بعد الخلط) وهي: تحاليل المكونات الأساسية والكثافة ومحنوى المواد الصلبة المتطايرة VSS ومحنوى الرطوبة ومحنوى المواد الصلبة الكلية TSS والكربون والنتروجين والـ pH والـ COD . الجدول (4) يبيّن مقارنة لقيم البارامترات المقاسة فعلياً (بعد الخلط) مع قيمها في أحد المراجع الأدبية.

إنتاج الغاز الحيوي عند تخمير ركائز مشتركة من روث الأبقار وفضلات الطعام باستخدام مقاول
UASB

القيم الفعلية	القيم في دراسة (Kigozi, et al. 2014)	البارامترات المقاسة
-	231.22 kg/day	معدل الإنتاج اليومي الوسيطى
4.46%	%27.14	المواد الصلبة الكلية (TS)
94%	%72.88	محتوى الرطوبة (MC)
3.11%	%94.9	المواد العضوية المتطايرة (VS) (% of TS)
1050 kg /m ³	775kg/m ³	الكثافة
4.92:0.123	25:1	نسبة C:N

يُعزى ارتفاع نسبة الكربون إلى النيتروجين (C:N) في الركيزة المدروسة إلى اختلاف تركيب المواد العضوية المستخدمة مقارنةً بما ورد في دراسة (Kigozi et al., 2014) في الدراسة المرجعية، تم إجراء الهضم اللاهوائي لمزيج متتنوع من نفايات الطعام، شملت الدهون، بقايا الخضار والفواكه، الطعام المطبوخ، الخبز، ومنتجات الألبان، بالإضافة إلى نفايات الحدائق، ما أدى إلى تحقيق توازن نسبي في نسبة C:N.

أما في هذه الدراسة، فقد تم استخدام خليط من روث الأبقار، الغني نسبياً بالكربون، مع نفايات الطعام المتمثلة فقط ببقايا الخضروات والفواكه، والتي تُعد غنية بالنيتروجين ولكن بنسبة أقل من تلك التي تحتوي على مصادر بروتين مثل اللحوم أو منتجات الألبان. وتجدر الإشارة إلى أن النسبة الأكبر من الركيزة في معظم المكررات كانت من روث

الأبقار، مما ساهم في رفع نسبة الكربون إلى النيتروجين بشكل ملحوظ مقارنةً بالدراسة المرجعية.

مفاعل بطانية الحمأة اللاهوائي ذو التدفق الصاعد (UASB¹³):

تم تصميم المفاعل اللاهوائي من نوع UASB باستخدام مادة الحديد، مع تحديد أبعاده وفقاً للمعايير التصميمية التي ذكرها (Pererva et al., 2020) تتضمن هذه المعايير عوامل مهمة مثل زمن المكوث الهيدروليكي (HRT) و معدل التحميل العضوي (OLR)، والتي تؤثر جميعها على كفاءة المعالجة.

يوضح الجدول (5) أبعاد المفاعل بحيث أبعاده تحقق الأداء الأمثل في معالجة مياه الصرف. كما يبين الشكل (1) النموذج المخبري للهاضم المستخدم.

الجدول (5) أبعاد مفاعل UASB.

نوع المفاعل	مادة الصنع	حجم المفاعل litter	القطر الداخلي cm	الارتفاع الكلي cm	عدد مأخذ العينات
UASB	حديد	32.58	19 cm	115 cm	8
درجة حرارة التشغيل	طريقة التغذية	مدة التشغيل day	التقليب	الركيزة	قطر المأخذ cm

¹³ Up flow anaerobic sludge blanket

إنتاج الغاز الحيوى عند تخمير ركائز مشتركة من روث الأبقار وفضلات الطعام باستخدام مقاول
UASB

1.5 cm	روث الأبقار مع فضلات الطعام بنسب خلط مختلفة	كل نصف ساعة المضخة تعمل دقيقتين	20- 40day	مرة واحدة	31.28±5°C
--------	--	---	--------------	-----------	-----------



الشكل (1) مفاعل UASB المخبري

تشغيل المفاعل واستقراره:

بعد استكمال تصميم النموذج والاطلاع على خصائص الركيزة كمادة مختمرة، تم في تاريخ 11/7/2023 وضع أول مكرر ضمن النموذج وكانت العينة الأولى عينة من روث الأبقار مع الماء بنسبة 1:1 بعد تصفيتها من القش وغيرها من الرواسب و كان تركيز المادة الصلبة 10% فقط للوصول الى حالة الاستقرار بالتشغيل وتم تشغيل النموذج لمدة 35 يوماً وبدأ إنتاج الغاز الحيوي منذ اليوم السادس ووصلنا الى ذروة الإنتاج في اليوم 21.

بعد تحضير المادة المختمرة ووضعها ضمن النموذج تم اجراء العديد من المكررات باختلاف نسب الخلط للمادة المختمرة وذلك للمقارنة بمقدار إنتاج الغاز الحيوي وتم اختيار المادة المختمرة المتمثلة بروث الابقار مع فضلات الطعام بنسب خلط مختلفة وهي وفقا لظروف مختلفة من حيث درجة الحرارة ونسبة C/N، استمرت عملية التخمير لمدة 34 يوم وسطيا لكل مكرر وتم ضبط درجة حرارة سخان الحمام المائي للنموذج بحيث تبقى درجة حرارة الأمثل في فصلي الشتاء والصيف.

تم قياس البارامترات المؤثرة على إنتاج الغاز الحيوي لكل مكرر كل يوم وهي (درجة الحرارة، pH، COD، الكثافة ، VSS ، TSS ، نسبة C/N ، الرطوبة) وقدرت البيانات لكل بارامتر في كل مكرر ما يقارب ما بين 30-40 قيمة بينما قدرت الداتا لكل التجارب معا حوالي 250 قيمة لدراسة تأثير تغير نوع الركيزة المستخدمة على إنتاج الغاز الحيوي .

تم قياس غاز الميتان في نموذج UASB بأبسط الطرق من خلال تصميم مقياس يقيس حجم الغاز المتولد من خلال مبدأ الإزاحة بالمياه، ليصار بعدها بجمع الغاز المتشكل ضمن بوالين خاصة بالغازات السامة للتأكد من نسبة غاز الميتان المتشكل ونسبة الغازات الأخرى .

تشغيل النماذج وفق نسب الخلط المختلفة:

في البدء تم اجراء عدد من المكررات لمقارنة نسب الخلط المختلفة من روث الابقار مع فضلات الطعام للوصول الى أفضل معدل لإنتاج غاز الميتان.

المكرر (1) : تجربة خلط روث الابقار 90% مع فضلات الطعام 10%:

تم البدء بهذه التجربة من تاريخ 2024/3/4 واستمر إنتاج الغاز حتى تاريخ 2024/4/3 أي لمدة 31 يوم ودرجة حرارة 21 ° وتم التسخين بفعل حمام مائي ضمن المفاعل UASB، وتم وضع 18.8 كغ من روث الأبقار و 2.1 كغ من فضلات الطعام وتم إضافة الماء الى روث الأبقار بمعدل 1:1 و معدل فضلات الطعام للماء 1:1.5.

المكرر (2) : تجربة خلط روث الابقار 82% مع فضلات الطعام 18%:

تم البدء بهذه التجربة من تاريخ 17/8/2023 واستمر إنتاج الغاز حتى تاريخ 13/9/2023 أي لمدة 30 يوم ودرجة حرارة 31 ° صيفاً ضمن المفاعل UASB، وتم وضع 11.6 كغ من روث الأبقار و 2.5 كغ من فضلات الطعام وتم إضافة الماء إلى روث الأبقار بمعدل 1:1 و معدل فضلات الطعام للماء 1:1.5 فكان وزن الماء المضاف 15.47 كغ .

المكرر (3) : تجربة خلط روث الأبقار 60 % مع فضلات الطعام 40 %

تم البدء بهذه التجربة من تاريخ 27/8/2023 واستمر إنتاج الغاز حتى تاريخ 25/9/2023 أي لمدة 30 يوم ودرجة حرارة 31 ° صيفاً ضمن المفاعل UASB، وتم وضع 48.4 كغ من روث الأبقار و 4.32 كغ من فضلات الطعام وتم إضافة الماء إلى روث الأبقار بمعدل 1:1 و معدل فضلات الطعام للماء 1:1.5 فكان وزن الماء المضاف 12.96 كغ .

المكرر (4) : تجربة خلط روث الأبقار 40 % مع فضلات الطعام 60 %

تم البدء بهذه التجربة من تاريخ 27/8/2023 واستمر إنتاج الغاز حتى تاريخ 25/9/2023 أي لمدة 30 يوم ودرجة حرارة 31 ° صيفاً ضمن المفاعل القبة الحديدية، وتم وضع 2.8 كغ من روث الأبقار 4.32 كغ من فضلات الطعام وتم إضافة الماء إلى روث الأبقار بمعدل 1:1 و معدل فضلات الطعام للماء 1:1.5 فكان وزن الماء المضاف 9.1 كغ .

النتائج والمناقشة:

النسب ذات الكفاءة الأعلى في إنتاج الغاز الحيوي :

المكرر (1) : تجربة خلط روث الأبقار 90% مع فضلات الطعام 10% :

بدء إنتاج الغاز الحيوي من الأيام الأولى للتخمير ووصل إلى ذروته يوم الثاني عشر بمعدل 8.11 ليتر لينخفض تدريجياً حتى توقف بالليوم الثلاثين ، تراوحت قيم الـ pH المقاسة بين (6.09-8.7) لترتفع في الأيام الأخيرة أما الـ COD فقد تراوحت بين /mg/l (14015-18475) ، حيث سُجل انخفاض تدريجي خلال فترة التشغيل. والجدول التالي يوضح الوصف الإحصائي للمكرر رقم (1).

**إنتاج الغاز الحيوي عند تخمير ركائز مشتركة من روث الأبقار وفضلات الطعام باستخدام مفاعل
UASB**

	count	mean	std	min	max
Numbering for day	34	17.5	9.96	1	34
pH	34	7.33	0.66	6.09	8.7
Moisture percentage	34	92.49	1.49	89.95	96.02
COD mg/L	34	17297.65	872.56	14015	18475
N percentage	34	0.34	0.22	0.13	0.86
C / N ratio	34	21.06	10.4	5.43	44.1
inorganic materials percentage	34	2.02	0.66	0.43	3.42
organic matter C percentage	34	5.44	1.35	2.28	9.62
Tss%	34	1.66	2.84	0.2	9.66
Vss%	34	6.71	2.11	1.96	12.59
Temperature Celsius	34	27.53	2.09	20	31
rate of biogas l	34	5.62	1.94	0	8.11

"نظراً لأن نسبة الكربون إلى النيتروجين في نفايات الطعام (الخضروات والفواكه) تتراوح بين (35 - 7) بينما تتراوح نسبة الكربون إلى النيتروجين في روث الأبقار بين (16 - 25)

(Singh, 2013; Sunny, 2018) فإن عملية الهضم المشتركة اللاهوائي فعالة للغاية، حيث تعالج نقص العناصر الغذائية الازمة لنمو البكتيريا اللاهوائية (Sayra, 2019).

المكرر (2): تجربة خلط روث الابقار 82% مع فضلات الطعام 18%
بدء إنتاج الغاز الحيوي من الأيام الأولى للتخمير ووصل الى ذروته يوم الثاني عشر بمعدل 7.5 ليتر لينخفض تدريجياً حتى توقف باليوم الثلاثين، تراوحت قيم الـ pH المقاسة بين 6.7-5.54 (ترتفع في الأيام الأخيرة أما الـ COD فكانت 19401 mg/L) لتختفي الـ COD خلال التخمير والجدول التالي يوضح الوصف الإحصائي للمكرر (2).

	count	mean	std	min	max
numbering for day	28	16.04	8.87	1	30
pH	28	6.24	0.28	5.54	6.7
Moisture percentage	28	92.11	2.15	88	96.6
COD mg/L	28	15981.93	1849.4	1286	1940
N percentage	28	0.13	0.02	0.1	0.19
C / N ratio	28	31.08	7.7	9.95	42.68
inorganic materials percentage	28	1.26	1.08	0.02	4.46
Organic matter (C) percentage	28	4.11	1.41	1.85	6.48
Temperature Celsius	28	31	0	31	31
Rate of biogas l	28	3.25	2.29	0	7.4

وقد أشار (Xing, 2020) إلى نتائج مهمة عند استخدامه سبع نسب مختلفة من FW/CM (3.4، 2.5، 1.7، 0.8، 0.4، 0.3، 0.2)، حيث تم تثبيت نسبة S/I عند 0.05، وبلغت قيمة الرقم الهيدروجيني الابتدائية 7.83. وأظهرت النتائج أن النسبة FW/CM = 2.5 والتي تقابل تقريرًا 18% فضلات طعام و82% روث أبقار) حققت أعلى إنتاج للميثان بقيمة بلغت 646.6 مل/ CH₄ غرام. تجدر الإشارة إلى أن هذه النسبة قريبة من النسبة المعتمدة في هذا البحث، إلا أن هناك اختلافات جوهرية بين الدراستين، خصوصًا في خصائص الركيزة المشتركة؛ حيث أن فضلات الطعام المستخدمة في الدراسة الحالية اقتصرت على بقايا خضراوات وفواكه محلية دون إجراء أي تعديل أو معالجة مسبقة، في حين قد تختلف مكونات فضلات الطعام الصينية المستخدمة في دراسة (Xing, 2020) كما لم يتم تعديل قيمة الرقم الهيدروجيني في التجارب الحالية، وتم التشغيل دون إضافة لفاح للمفاعل، على عكس ما ورد في الدراسة المرجعية. علاوة على ذلك، تختلف محتويات المواد الصلبة بين الدراستين، مما قد يفسر التباين في القيم النهائية لإنتاج الميثان. وبناءً عليه، فإن المقارنة مع نتائج Xing تأخذ طابع القرب في نسب الخلط، وليس التطابق الكامل في الظروف التشغيلية أو النتائج.

المكرر (3): تجربة خلط روث الأبقار 60% مع فضلات الطعام 40%

بدء إنتاج الغاز الحيوى من الأيام الأولى للتخمير ووصل إلى ذروته يوم الثاني عشر بمعدل 7.1 ليتر لينخفض تدريجياً حتى توقف باليوم الثلثين، تراوحت قيم الد pH المقاومة بين (6.37 - 6.67) أما الد COD فكانت (15024-17344 mg/l) والجدول التالي يوضح الوصف الإحصائي للمكرر (3).

	coun t	mean	std	min	max
numbering for day	30	15.5	8.8	1	30
pH	30	6.67	0.15	6.37	7.04
moisture percentage	30	93.02	0.81	92.68	95.98
COD mg/l	30	16263.5 1	728.1 5	1502 4	1734 4
N percentage	30	0.36	0.8	0.12	4.12
C / N ratio	30	30.96	14.75	0.71	56.19
Inorganic materials percentage	30	0.41	0.15	0.1	0.69
Organic matter c percentage	30	5.02	1.54	2.03	7.16
Temperature Celsius	30	31	0	31	31
Rate of biogas l	30	2.83	2.18	0	7.1

قدر (Odejobi, 2021) كمية غاز الميثان الناتجة من خلط روث الأبقار ونفايات كافيتيريا
بنسبة خلط 50:50 بـ 0.460

m^3/kg من المواد المضافة إلى الأغذية. وهنا نسلط الضوء على الاختلافات الكبيرة في تكوين نفاثات الطعام (Soha, 2017). وفي بحثنا استخدمنا بشكل خاص نفاثات الطعام المكونة من الفواكه والخضروات فقط.

المكرر (4): تجربة خلط روث الأبقار 40 % مع فضلات الطعام 60 %:

وجدنا هنا كلما زادت نسبة فضلات الطعام إلى روث الأبقار انخفض معدل إنتاج الغاز الحيوي لانخفاض نسبة C/N ، لانخفاض نسبة N [هذا مناقض لما ذكر في الدراسات المرجعية ومنها دراسة [Bharathiraja, 2018] حيث سجل أن نفاثات المطبخ تحتوي على نسبة عالية من الكربون العضوي ونسبة منخفضة من النيتروجين بعكس روث الأبقار الذي يحتوي على نسبة أعلى من النيتروجين وبالتالي زيادة نسبة فضلات الطعام يزيد نسبة C/N وليس يخفض النسبة بالرغم من أن العديد من الدراسات المرجعية، مثل دراسة (Bharathiraja et al., 2018) تشير إلى أن نفاثات المطبخ تحتوي على نسبة كربون عضوي مرتفعة مقارنة بمحنواها من النيتروجين، وبالتالي تساهم في رفع نسبة الكربون إلى النيتروجين (C/N) عند خلطها مع روث الأبقار، إلا أن نتائج هذه الدراسة أظهرت انخفاضاً في نسبة C/N بزيادة نسبة فضلات الطعام.

يمكن تفسير هذا التباين من خلال الاختلاف في التركيب النوعي لNFAs الطعام المستخدمة. في هذه الدراسة، تكونت NFAs الطعام أساساً من بقايا خضروات وفواكه، وهي مواد عضوية تحتوي عادةً على نسب مرتفعة من النيتروجين (خاصة في القشرة والبذور والأجزاء الورقية) مقارنة بمحنواها من الكربون، بسبب ارتفاع محتواها المائي والمغذيات النيتروجينية.

بالمقابل، قد يكون روث الأبقار المستخدم في هذه الدراسة غنياً بالالياف النباتية بسبب نمط تغذية يعتمد على الأعلاف الجافة أو التبن، مما يزيد من محتوى الكربون النسبي فيه.

وكلنتيجة لذلك، فإن زيادة نسبة NFAs الطعام التي تحتوي على خضروات وفواكه أدت إلى إضافة مصدر غني نسبياً بالنيتروجين إلى النظام، مما أدى إلى انخفاض نسبة C/N ، بخلاف ما تذكره بعض الدراسات التي استخدمت NFAs طعام مختلفة تحتوي على نسب أعلى من

الكربون (مثل بقايا الخبز، الأرز، الزيوت، والمعكرونة)." ، ويبلغ معدل التحميل العضوي $0.543 \text{ kg COD/m}^3\text{day}$ ونسبة الإزالة للمادة الصلبة الكلية (TS) 28% والجدول التالي يوضح الوصف الإحصائي للمكرر (4).

	coun t	mean	std	min	max
Numbering for day	30	15.5	8.8	1	30
pH	30	7.34	0.11	7.1	7.65
Moisture percentage	30	92.4	0.96	4	2
COD mg /l	30	18485.9 4	1093.8 2	1591 3	2136 7
N percentage	30	0.16	0.07	0.09	0.44
C/N ratio	30	28.03	17.44	0.5	62.8 6
Inorganic materials percentage	30	1.03	0.66	0.08	2.13
Organic matter percentage	30	3.82	2.27	0.09	7.92
Temperature Celsius	30	31	0	31	31
Rate of biogas l	30	2.74	2.04	0	6.6

أجرى (Petrucciani et al. 2017) دراسة للهضم المشترك بمرحلتين وأشارى إلى أنه عند خلط مخلفات الطعام (52%) وروث الأبقار (26%) والمخلفات الخضراء المقطعة (12%) ولفاح للاهوائى (10%) تزلاحت قيم الأُس الهيدروجيني بين (7 - 5.5). وتميزت تركيبة الغاز الناتجة بتراكيز ثانى أكسيد الكربون ضمن نطاق 60-80% والذي انخفض تدريجياً مع زيادة الميثان من 0% في اليوم الأول إلى 20% في اليوم السابع، بينما ارتفع تراكيز الهيدروجين من 0.1% إلى 5.5%. وقد قدرت كمية الميثان المتولدة في المرحلة الثانية ما بين (0.68 - 0.92) متر مكعب قياسي / كجم من المواد العضوية المضافة ويبين الجدول التالي قيم الغاز الحيوى الناتج يومياً للتجارب الأربع .

day	Rate of Biogas for mixing ratio (10% Food Waste)L	Rate of Biogas for mixing ratio (18% Food Waste)L	Rate of Biogas for mixing ratio (40% Food Waste)L	Rate of Biogas for mixing ratio (60% Food Waste)L
1	0.47 ± 0.23	0.6 ± 0.01	0.2 ± 0	0.21 ± 0
2	1.12 ± 0.19	1.23 ± 0	0.5 ± 0	0.89 ± 0.01
3	2.06 ± 0.70	2.47 ± 0.01	0.78 ± 0	1.25 ± 0.03

4	2.69 ± 0.68	3.08 ± 0	2.2 ± 0	1.9 ± 0
5	3.93 ± 0.69	4.32 ± 0.01	3.5 ± 0.04	3.06 ± 0.1
6	5.17 ± 1.68	6.15 ± 0.03	4.9 ± 0.01	3.31 ± 0.02
7	6.06 ± 0.14	6.15 ± 0.02	6.1 ± 0.01	5.8 ± 0.18
8	7.11 ± 0.63	7.44 ± 0.12	7.03 ± 0.05	6.35 ± 0.08
9	7.18 ± 0.51	6.65 ± 1.17	7.09 ± 0.03	6.39 ± 0.31
10	7.41 ± 0.68	6.02 ± 0.01	5.99 ± 0.03	5.62 ± 0.44
11	7.36 ± 0.85	7 ± 0.07	6.59 ± 0.01	5.53 ± 0.02
12	8.11 ± 1.45	7.5 ± 0.14	7.1 ± 0.06	5.59 ± 0.01
13	5.48 ± 0.88	4.98 ± 0.03	4.39 ± 0.02	4.5 ± 0.01

**إنتاج الغاز الحيوي عند تخمير ركائز مشتركة من روث الأبقار وفضلات الطعام باستخدام مفاعل
UASB**

14	4.87 ± 1.15	4.2 ± 0.01	3.97 ± 0.02	4.2 ± 0.01
15	4.35 ± 0.56	4.02 ± 0.06	3.9 ± 0.01	3.99 ± 0.01
16	3.85 ± 0.15	3.9 ± 0.06	3.51 ± 0.01	3.71 ± 0.01
17	3.40 ± 0.17	3.5 ± 0.01	3.4 ± 0.01	3.21 ± 0.01
18	3.17 ± 0.06	3.2 ± 0.01	2.97 ± 0.05	3.07 ± 0.05
19	2.84 ± 0.05	2.81 ± 0.01	2.67 ± 0	2.74 ± 0.12
20	2.49 ± 0.03	2.5 ± 0.01	2.43 ± 0.02	2.38 ± 0.1
21	2.03 ± 0.15	2.06 ± 0.1	1.8 ± 0.01	1.97 ± 0.11
22	1.44 ± 0.12	1.51 ± 0.01	0.98 ± 0.02	1.55 ± 0.21
23	1.16 ± 0.16	1.09 ± 0.15	0.6 ± 0	0.89 ± 0.65

24	0.88 ± 0.11	0.81 ± 0.01	0.4 ± 0	0.67 ± 0.5
25	0.63 ± 0.23	0.5 ± 0	0.23 ± 0	0.45 ± 0.37

تميز الغاز الحيوي بمستويات أعلى من ثاني أكسيد الكربون والغازات الأخرى مقارنةً بالميثان خلال الأيام الأولى من التخمير. ومع استمرار التخمير بعد الأسبوع الأول، انخفضت هذه التركيزات تدريجياً، على عكس زيادة الميثان. قدر حجم ذروة الغاز الحيوي بـ 8.11، 7.5، 7.1، 5.59 لتر على التوالي للتجارب الأربع في اليوم الثاني عشر بينما كان تركيز كبريتيد الهيدروجين صفرًا بسبب ترشيح الغاز قبل جمع العينة. عند إجراء تحليل نوعي لتركيب الغاز الحيوي المنتج من بالون غاز بحجم إجمالي قدره 3.5 لتر في اليوم العاشر من التخمير، كان محتوى الميثان 47.19%， ومحتوى ثاني أكسيد الكربون 23.6%， ومحتوى الهيدروجين 23.6%， ومحتوى أول أكسيد الكربون 3.92%， ومحتوى الأكسجين 1.70% لعينة الغاز المقاسة.

تشير نتائج الدراسة إلى أن نسبة الخلط المثلثي بين نفاثات الطعام وروث البقر (10% نفاثات طعام و90% روث بقر) أدت إلى أعلى إنتاجية لغاز الحيوي. عند زيادة نسبة نفاثات الطعام، لوحظ انخفاض في معدل إنتاج غاز الميثان، مما يشير إلى تأثير سلبي لزيادة هذه النسبة على كفاءة العملية.

انخفاض قيم COD في المفاعل تدل على فعالية الهضم اللاهوائي في تقليل المواد العضوية القابلة للتحلل. هذا الانخفاض يعكس كفاءة النظام في تحويل المواد العضوية إلى غازات حيوية، مما يعزز من جودة المعالجة.

كما حقق الهضم المشترك قيمة pH مناسبة لنمو البكتيريا الميثانية. بحيث زيادة نسبة نفاثات الطعام قد تؤدي إلى تراكم الأحماض الدهنية المتطرفة (VFA)، مما يخفض درجة

المحوضة ويؤثر سلباً على نشاط البكتيريا . لذلك، فإن الحفاظ على توازن مناسب في نسب الخلط يساهم في استقرار البيئة الميكروبية وتحسين إنتاج الغاز الحيوى .

وتراكم الأحماض الدهنية المتطايرة يمكن أن يعيق عملية الهضم اللاهوائي. ل من خلال ضبط نسب الخلط، يمكن تقليل تراكم هذه الأحماض، مما يحافظ على استقرار النظام ويعزز من كفاءة إنتاج الغاز الحيوى .

عند نسبة خلط 10% من نفاثات الطعام و 90% من روث البقر تم إنتاج أكبر كمية من الغاز الحيوى. ولوحظ أنه مع زيادة نسبة نفاثات الطعام انخفض معدل إنتاج غاز الميثان في كل من التجارب الأربع السابقة، وكان زمن بقاء المادة المخمرة يصل إلى 30 يوماً.

سعت هذه الدراسة استكشاف تأثير نسب الخلط المختلفة بين مخلفات الطعام وروث الأبقار بهدف تحديد النسبة الأنسب ضمن ظروف التشغيل المعتمدة، فاعتمدنا نوع مفاعل UASB بنظام تغذية أحادي المرحلة ودرجة حرارة تتراوح بين 31 إلى 34 يوماً، بينما اعتمد (Kumari et al., 2018) استخدام ركائز مشتركة متعددة ومتعددة بحمةً الصرف الصحي وروث الأبقار كمخلفات أولية، بالإضافة إلى مخلفات المطبخ ومخلفات الحدائق ومخلفات الزهور ومياه الصرف الصحي للأبيان بنسبة خلط 2:1 و كانت درجة حرارة 20 درجة مئوية ونظام التغذية بمرحلة واحدة.

تميزت هذه الدراسة باستخدام مفاعل UASB لمعالجة المخلفات الصلبة المتمثلة في نفاثات الطعام وروث الأبقار، دون الاعتماد على حمةً مياه الصرف الصحي كركيزة أساسية، وهو ما يختلف عن معظم الدراسات المرجعية التي ركزت على معالجة مياه الصرف الصحي باستخدام هذا النوع من المفاعلات . هذا التوجه يعكس إمكانية توسيع نطاق تطبيق مفاعل UASB ليشمل معالجة المخلفات العضوية الصلبة، مما يفتح آفاقاً جديدة في مجال إدارة النفاثات وتحويلها إلى مصادر طاقة متعددة .

أظهر (Otun 2016) أن أعلى إنتاج للغاز الحيوى تم تحقيقه من خلال الهضم المشترك لمخلفات الطعام وروث الأبقار، حيث بلغ 164.8٪، مقارنةً بإنتاج الغاز الحيوى من الهضم

المشترك لمخلفات الأبقار ومخلفات الفاكهة ومخلفات الطعام والذي بلغ 91.0%. كما بلغ إنتاج الغاز الحيوي من الهضم المشترك لمخلفات الفاكهة وروث الأبقار 83.9%， ومن روث الأبقار فقط 79.8%， في حين بلغ إنتاج الغاز الحيوي من مخلفات الفاكهة فقط 76.4%， ومن مخلفات الطعام فقط 77.4%， وذلك تحت ظروف اختبار متشابهة.

التصنيفات:

وجدنا خلال دراستنا أن انساب نسبة لخلط FW/CM كانت 0.11 أي (10% من نفايات الطعام و 90% من روث البقر) فقد حققت أفضل إنتاجية من الغاز الحيوي. وأن تركيبة مخلفات الطعام لها تأثير مباشر على عملية التخمير حيث تختلف النتائج من دولة لأخرى بسبب تنويع تركيبة هذه المخلفات..

نوصي باعتماد مفاعل UASB في معالجة المخلفات العضوية الصلبة، نظراً لفعاليته في منع ترسيب المواد المخمرة دون الحاجة إلى أنظمة تحريك ميكانيكية، وذلك بفضل التدفق الصاعد الذي يعزز التلامس بين الركيزة والحمأة الحبيبية. تُبرز هذه الميزة أهمية تطوير تقنيات الهضم اللاهوائي التقليدية، خاصة في سوريا، حيث يمكن أن يسهم تطبيق هذا النوع من المفاعلات في تحسين كفاءة المعالجة وتقليل تكاليف التشغيل والصيانة، مما يدعم الاستدامة البيئية والاقتصادية في إدارة النفايات العضوي.

كما لوحظ خلال المراقبة اليومية للمفاعل، فإن كلاً من الرقم الهيدروجيني، ودرجة الحرارة، ونسبة الكربون إلى النيتروجين (C/N) تؤدي دوراً مهماً في تعزيز إنتاجية غاز الميثان مقارنةً بالغازات الأخرى الناتجة عن عملية التحلل اللاهوائي، مما يساهم في زيادة نقاوة الميثان الناتج وتحسين كفاءة عملية التخمر.. ونظراً لكون سوريا دولة تتميز بثروة حيوانية كبيرة وكمية زائدة من مخلفات الطعام فإن هذا يدفعنا إلى استخدام الركائز المشتركة من روث الحيوانات ومخلفات الطعام كوسيلة لإنتاج الغاز الحيوي، وكما تشير نتائج الدراسة إلى أن استخدام مفاعل UASB في تخمير النفايات الصلبة، مثل نفايات الطعام وروث الأبقار، يمثل توجهاً واعداً يختلف عن الاستخدام التقليدي للمفاعل في معالجة مياه الصرف

الصحي والحماية الصناعية. بناءً على التجارب التي أجريت، نوصي بتعزيز وتوسيع نطاق تطبيق تقنية مفاعل UASB لتشمل معالجة النفايات العضوية الصلبة، إلى جانب الحماية الناتجة عن مياه الصرف الصحي. هذا التوسيع يمكن أن يسهم في تحسين كفاءة المعالجة البيئية وتحقيق فوائد اقتصادية من خلال إنتاج الغاز الحيوى، مما يدعم استدامة إدارة النفايات في المناطق التي تفتقر إلى تقنيات معالجة متقدمة.

المراجع :

1. Bharathiraja B, Sudharsana T, Jayamuthunagai T, Praveenkumar R, Chozhavendhan S, Iyyappan J (2018) Biogas production – a review on composition, fuel properties, feed stock and principles of anaerobic digestion. *Renew Sustain Energy Rev* 90:570–582. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.03.093>.
2. Cosmas, C. and M. Ezeokonkwo (2018). "Comparative Studies on Biogas Production from Cow Dung and a Blend of Some Commercial Fruit Wastes in Nigeria." 9–12.
3. El-Mashad, H.M., Zhang, R., 2010. Biogas production from co-digestion of dairy manure and food waste. *Bioresour. Technol.* 101, 4021–4028.
4. Jafar, R., & Awad, A. (2021). State and development of anaerobic technology for biogas production in Syria. *Cleaner Engineering and Technology*, 5, 100253. <https://doi.org/10.1016/j.clet.2021.100253>
5. Kigozi, Robert, Akinwale Aboyade, and Edison Muzenda

2014 Sizing of an Anaerobic Biodigester for the Organic Fraction of Municipal Solid Waste. Volume 2.

6. Kumari, K., Suresh, S., Arisutha, S., & Sudhakar, K. (2018). Anaerobic co-digestion of different wastes in a UASB reactor. *Waste Management*, 77, 545–554. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.05.007>
7. Kwietniewska E, Tys J (2014) Process characteristics, inhibition factors and methane yields of anaerobic digestion process, with particular focus on microalgal biomass fermentation. *Renew Sustain Energy Rev* 34:491–500. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.03.041>.
8. Lamb, J. (2020). Feedstocks for AD. In (pp. 123–160). <https://doi.org/10.48216/9788269203325CH5>.
9. Mat Saad M, Abdul Rahman N, Mohd Yusof M (2019) Hydrogen and methane production from co-digestion of food waste and chicken manure. *Pol. J. Environ. Stud* 28(4):2805–2814. <https://doi.org/10.15244/pjoes/83670>
10. Mata-Alvarez J, Dosta J, Macé S, Astals S (2011) Codigestion of solid wastes: a review of its uses and perspectives including modeling. [Crit Rev Biotechnol 31\(2\):99–111](https://doi.org/10.1007/s00449-011-1111-1).
11. Minale M, Worku T (2014) Anaerobic co-digestion of sanitary wastewater and kitchen solid waste for biogas and fertilizer production under ambient temperature: waste generated from condominium house. [Int J Environ Sci Technol 11:509–516](https://doi.org/10.1007/s00449-014-1516-1).

12. Odejobi, O., et al. (2021). "Anaerobic co-digestion of kitchen waste and animal manure: a review of operating parameters, inhibiting factors, and pretreatment with their impact on process performance." *Biomass Conversion and Biorefinery* 13.
13. Pererva, Y., Miller, C. D., & Sims, R. C. (2020). Approaches in Design of Laboratory-Scale UASB Reactors. *Processes*, 8(6).
14. Petracchini, F., Liotta, F., Paolini, V., Perilli, M., Cerioni, D., Gallucci, F., Carnevale, M., & Bencini, A. (2017). A novel pilot scale multistage semidry anaerobic digestion reactor to treat food waste and cow manure. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 15. <https://doi.org/10.1007/s13762-017-1572-z>
15. Rosas-Mendoza, E., Méndez-Contreras, J., Martínez Sibaja, A., Vallejo-Cantú, N., & Alvarado-Lassman, A. (2018). Anaerobic digestion of citrus industry effluents using an Anaerobic Hybrid Reactor. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 20. <https://doi.org/10.1007/s10098-017-1483-1>
16. Sayara T, Sanchez A (2019) A review on anaerobic digestion of lignocellulosic wastes: pretreatments and operational conditions. *Appl Sci* 9(4655):1–23
17. Sayara T, Sanchez A (2019) A review on anaerobic digestion of lignocellulosic wastes: pretreatments and operational conditions. *Appl Sci* 9(4655):1–23

18. Sendaaza C (2018) Anaerobic digestion of organic waste: a kitchen waste case study. Msc Thesis, The American University, Mechanical Engineering Department, Cairo
19. Singh G, Jain V, Singh A (2017) Effect of temperature and other factors on anaerobic digestion process, responsible for biogas production. International Journal of Theoretical and Applied Mechanics 12(3):637–657.
20. Singh, L., Wahid, Z. A., Siddiqui, M. F., Ahmad, A., Ab. Rahim, M. H., & Sakinah, M. (2013). Application of immobilized upflow anaerobic sludge blanket reactor using Clostridium LS2 for enhanced biohydrogen production and treatment efficiency of palm oil mill effluent. International Journal of Hydrogen Energy, 38(5), 2221–2229. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2012.12.004>
21. Sunny S, Joseph K (2018) Review on factors affecting biogas production. International Journal For Technological Research In Engineering 5(9):3693–3697.
22. Sunny, S. M. and K. J. I. J. F. T. R. I. E. Joseph (2018). "Review on factors affecting biogas production." 5(9): 3693–3697.
23. T.F. Otun, O.M. Ojo, F.O. Ajibade and J.O. Babatola, "Evaluation of Biogas Production from the Digestion and Codigestion of Animal Waste, Food Waste and Fruit Waste", International Journal of Energy and Environmental Research, Vol. 4, No. 3, Pp. 8–21, 2016.
24. Tufaner, F., & Avsar, Y. (2016). Effects of co-substrate on biogas production from cattle manure: a review. International Journal of

Environmental Science and Technology, 13.

<https://doi.org/10.1007/s13762-016-1069-1>

25. Vats N, Khan A, Ahmad K (2020) Options for enhanced anaerobic digestion of waste and biomass—a review. *Journal of Biosystems Engineering*. <https://doi.org/10.1007/s42853-019-00040-y>.
26. Xing, B.-S., et al. (2020). "Stable and high-rate anaerobic co-digestion of food waste and cow manure: Optimisation of start-up conditions." [Bioresouce Technology 307: 123195](#).
27. Zhang, Cunsheng, et al. 2013 The anaerobic co-digestion of food waste and cattle manure. *Bioresouce Technology* 129:170–176.
28. Zhang, Cunsheng, et al. 2013 The anaerobic co-digestion of food waste and cattle manure. *Bioresouce Technology* 129:170–176.
- .

مفهوم استدلال الطريق كأحد الاحتياجات النفسية

في تصميم المراكز الصحية للأطفال

طالب الماجستير/المعید: علي محمد فرج - كلية الهندسة المعمارية - جامعة حمص

إشراف الدكتورة: ميساء حمدون - مشرف مشارك الأستاذ الدكتور: لؤي مرهج

الملخص:

تعد مباني المراكز الصحية من أكثر أنواع المباني التي يخشى الطفل زيارتها، لما تحمله من انطباع سلبي في أذهانهم بصرامة أنظمتها وإجراءاتها التي تقيد حرية الحركة والأنشطة داخل أروقتها، مما يضعف قدرة الأطفال على توقع ما سيحدث خلال زيارتهم. وبعد فرض مثل هذه الأجواء من التحديات التي تشكل ضغوطاً نفسية للطفل المريض، الذي يحتاج بشكل فطري إلى السيطرة على البيئة المادية المحيطة به وعدم العجز أمام المجهول. لذا، من الضروري البحث عن سبل لتحسين علاقة الطفل مع هذه المراكز، وبعد أبرزها توفير مساحات تسمح له بالاستكشاف الذاتي لمحيطه، وتعزز قدرته على استدلال الطريق واكتشاف الفراغات المختلفة، وتعزز ثقته بنفسه وتزويح عنه مشاعر القلق والخوف. ومن هذه الأهمية، سلط البحث الضوء على دراسة مفهوم الاستدلال الطرقي كأحد الاحتياجات النفسية في تصميم المراكز الصحية للأطفال، وفق منهجية وصفية نظرية تتطوّي على التعريف بالمراكز الصحية للأطفال وأقسامها، ودراسة مفهوم الاستدلال الطرقي بعناصره المختلفة (الفاعلة الأساسية، الإضافات المعمارية)، إضافةً إلى توضيح نظرية التركيب الفراغي وأثرها في التصميم الداعم لعملية الاستدلال. ومنهجية تحليلية اعتمدت على تحليل عدة مراكز صحية عالمية للأطفال، وصولاً إلى مجموعة من النتائج التي توضح أثر مفهوم استدلال الطريق في تصميم المراكز الصحية للأطفال ومحددات التصميم الازمة لذلك.

الكلمات المفتاحية: ، الاحتياجات النفسية، المراكز الصحية للأطفال، استدلال الطريق، التركيب الفراغي، برنامج "خريطة العمق".

The Concept of Wayfinding as One of The Psychological Needs in Designing Children's Healthcare Centers

Abstract:

The buildings of health centers are among the most terrifying buildings for a child to visit, because of the negative impression they have in their minds, and their procedures that restrict freedom of movement and activities within their corridors, which weakens the ability of children to expect what will happen during their visit. The imposition of such an atmosphere is one of the challenges that constitute psychological pressure for the sick child, who innately need control over the physical environment surrounding him and not to be incapacitated in the face of the unknown. Therefore, it is necessary to search for ways to improve the child's relationship with these centers, the most prominent of which is the provision of spaces that allow him to self-explore of his surroundings, and enhance his ability to wayfinding and discover various spaces, in away enhance his self-confidence and relieves him of anxiety and fear. Given this importance, the research has shed light on studying the concept of wayfinding reasoning as one of the psychological needs in designing Children's health centers, employing a descriptive theoretical framework that examines facility typologies, analyzes wayfinding components (The fundamental active, architectural interventions), In addition to clarifying the theory of space syntax and its impact on design supporting the wayfinding process. And an analytical methodology that relied on analyzing several international children's healthcare centers, reaching a set of results that illustrate the impact of the wayfinding concept in designing children's healthcare centers and the necessary design parameters for this.

Keywords: Psychological needs, children's health centers, Wayfinding, Space Syntax, Depth Map.

مقدمة:

يشكل تصميم المراكز الصحية للأطفال تحدياً مركباً، يتطلب فهماً دقيقاً للاحتجاجات الإنسانية (المادية والنفسية) لهذه الفئة العمرية الحساسة، خاصةً مع تزايد الوعي بأهمية البيئة المبنية في تحسين التجربة العلاجية وتقليل مستويات القلق المرتبطة بالفضاءات الطبيعية. ويبين مفهوم الاستدلال الطرقي لمسارات الحركة (Wayfinding) كأحد الاحتياجات النفسية والتصميمية الجوهرية، التي تعزز إحساس الأطفال بالسيطرة على البيئة المحيطة بهم، وتعد من أجرد النقاط بالاهتمام في أبنية الرعاية الصحية؛ كونها الأبنية الأكثر تعقيداً من حيث تخطيط الممرات والعلاقات الوظيفية بين الأقسام. الأمر الذي يشكل عائقاً رئيسياً أمام سهولة الوصول والتجوال داخل المبني، لا سيما لدى الأطفال الذين تختلف تصوراتهم المكانية عن البالغين، مما يستلزم تبني أساليب استدلالية واضحة أمراً ضرورياً؛ لتجنب التشويش البصري أو الشعور بالضياع، وتحسين توجيه الأطفال نحو المسارات المطلوبة، وتعزيز ثقة الأطفال في التعامل مع البيئة الداخلية لهذه المراكز الصحية. ويدوره سينعكس إيجاباً على الحالة النفسية للمرضى الصغار، ويخفف من توترهم، ويسهم في خلق بيئة علاجية متكاملة.

أهمية البحث: تكمن أهمية البحث في رفع الكفاءة التصميمية للمراكز الصحية المخصصة للأطفال؛ لتصبح أكثر قدرة على تلبية الاحتياجات النفسية للطفل، المتعلقة بالسيطرة على بيئته المحيطة، لتخفيض مستويات القلق والتوتر لديهم عند زيارته هذه المراكز.

هدف البحث: يهدف البحث إلى تحديد تأثير الاستدلال الطرقي كأحد الاحتياجات النفسية في عملية تصميم المراكز الصحية للأطفال؛ للوصول إلى محددات تصميمية تسهم في خلق بيئة علاجية داعمة، تحقق للأطفال سهولة الحركة والتقلل داخل هذه المرافق.

منهجية البحث: تعتمد منهجية البحث على منهجين أساسيين:

○ منهج وصفي: من خلال التعريف بالمراكز الصحية للأطفال وأقسامها، وتوضيح مفهوم الاستدلال الطرقي فيها وعناصره التصميمية الرئيسية والإضافات المساعدة، وعلاقة نظرية التركيب الفراغي (Space Syntax) بالاستدلال الطرقي.

○ منهج تحليلي: باختيار عدد من المراكز الصحية العالمية للأطفال، وفق معايير تعتمد على اختلاف آلية تطبيق الاستدلال الطرقي فيها، أن تكون من بلدان جغرافية متعددة وتشمل أعمال معماريين مختلفين. وتحليل مدى تطبيق هذه المراكز لعناصر الاستدلال الطرقي (الرئيسية، الإضافات)، ودراسة العلاقات الفراغية فيها اعتماداً على نظرية التكامل، الاتصال، والعمق البصري، لتقدير مدى ملائمة التصميم للاستدلال بطريقة كمية.

الدراسة النظرية:

1- المراكز الصحية للأطفال:

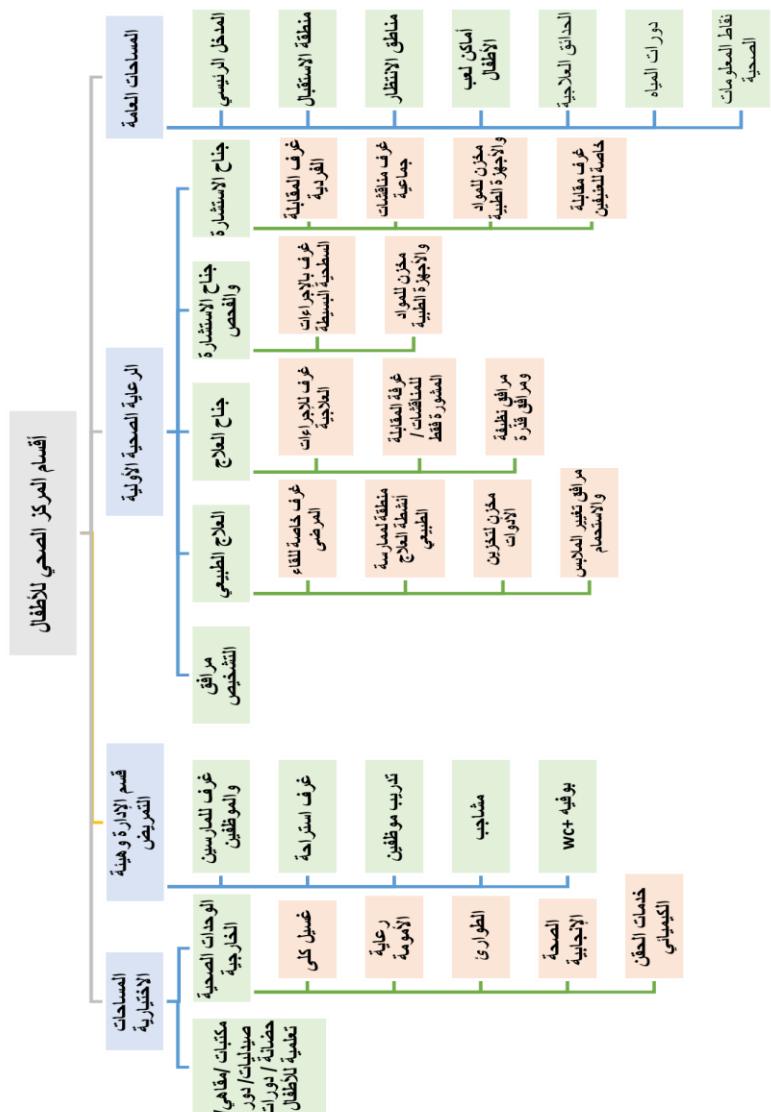
1-1 تعريف المراكز الصحية للأطفال:

هي مرافق طبية مخصصة لرعاية صحة الأطفال والرضع. تقدم خدمات متعددة للأطفال وأولياء الأمور، كالرعاية الصحية الوقائية وتشمل: التطعيمات، فحوصات النمو والتطور، وتقديم المشورة حول التغذية السليمة والنمط الصحي. كما تقدم خدمات العلاج والتشخيص للحالات المرضية المختلفة للأطفال، بما في ذلك: العدوى، والأمراض المزمنة. بالإضافة إلى خدمات الرعاية النفسية والاجتماعية للأطفال وأسرهم، مثل: التوتر، القلق، والمشاكل السلوكية. وتقديم الرعاية المستمرة من خلال تتبع حالة الأطفال على المدى الطويل.[20]

1-2 أقسام المراكز الصحية للأطفال:

تتألف المراكز الصحية الأولية المخصصة للأطفال من مجموعة من المساحات تشمل: المساحات العامة، الرعاية الصحية الأولية والمجتمعية، المساحات المخصصة للعاملين والموظفين والأطباء، فضلاً عن المناطق الاختيارية التي يمكن إضافة أقسامها وفقاً لمستوى الخدمات المقدمة في المركز. ويُسمح في هذا المستوى من الرعاية الصحية بإجراء العمليات الجراحية البسيطة تحت التخدير الموضعي، شريطة توافر المتطلبات الفنية الضرورية وحصول المركز على موافقة الوزارة المختصة. يمكن تخصيص مساحة لاستقبال الحالات التي

تحتاج إلى نقاوة قصيرة بعد الإجراءات الطبية، شريطةً ألا تتجاوز مدة الإقامة 24 ساعة، مع حظر إجراء التخدير العام أو الشوكي أو تتنفيذ أي عمليات تتطلب هذا النوع من التخدير، كما يُمنع توفير إقامة مديدة للمرضى في هذه المساحة.^[1] ويوضح المخطط (1) أقسام ومكونات المركز الصحي للأطفال بشكل مفصل.



المخطط (1) مخطط هيكلي يوضح أقسام المركز الصحي للأطفال - المصدر (عمل الباحث استناداً إلى [1])

1-2-1 المساحات العامة ومسارات الحركة (Public spaces and Movement)

: (paths)

يُعدُّ شكل الفراغ واحتواه عاملاً أساسياً في توجيه الحركة داخله، كما يُساعد الفرش سواءً أكان من عناصر طبيعية أم صناعية من وضع الإنسان على تحديد اتجاهات الحركة داخل الفراغ وتأكيدها [2]. ومن الفراغات التي تلعب دوراً هاماً في ذلك: الفراغات العامة ومسارات الحركة.

1-1-2-1 المساحات العامة: تعتبر من أهم المساحات في المراكز الصحية للأطفال التي تخدم المرضى والزوار والكادر الطبي، وتتعدد حسب نوعية النشاط والدور الوظيفي في المركز. حيث تطورت الوظيفة من مساحات لانتظار إلى عناصر أساسية للتفاعل الاجتماعي، تلامس الأطفال بشكل مباشر عند دخولهم المركز وتولد انتباعهم الأول ومدى إدراكهم للفراغ. يتوافر في هذه الفراغات الإرشادات الدلالية للانتقال للأقسام الأخرى، كما تتطلق منها شرائين الحركة الرئيسية الأفقية والرأسية [1]. فبمقدار ما تكون هذه الفراغات ملية لاحتياجات الطفل، ستتمكن من التغلب على مخاوفه والحد من توتره، وتمكنه من الانتقال المريح الواضح ضمن أقسام المركز.

2-1-2 مسارات الحركة: شُكّل الشريانين التي تربط الأقسام المختلفة وتزودها بالإمدادات المطلوبة، وبالتالي يكون الهدف بالنسبة للمستخدمين - إضافة إلى الوصول للمكان المطلوب والتنقل - أن يجدوا طريق الخروج بنجاح. وتنقسم إلى نوعين: عناصر اتصال رأسية (أدراج ومصاعد ومنحدرات)، وعناصر اتصال أفقية (مرايات حركة أفقية) [3].

2- مفهوم إيجاد الطريق (Wayfinding)-(Wayshowing)

2-1 تعريف عملية إيجاد الطريق (Wayfinding)

يصف مصطلح "إيجاد الطريق" العمليات التي يمر بها الأشخاص لإيجاد طريقهم في الفراغات، وكيفية حل المشكلات التي تعرّضهم خلال حركتهم. وتشمل هذه العمليات: إدراك الناس للبيئة، والمعلومات المتاحة عن الطريق، وقدرتهم على توجيه أنفسهم مكانيّاً،

والعمليات المعرفية وصنع القرار الذي يقومون به. ويساعد إيجاد الطريق في تخفيف وطأة قلق الناس، وقد ثبت أنه يحسن تجربة المريض. فعملية إيجاد الطريق يمكن أن تكون الامتداد لما يجعل المستخدمين قريين من الوصول إلى وجهتهم ضمن الحدود المسموحة بها من الوقت والجهد. وهو مصطلح مختص بالقدرة على الوصول لمكان ما، ويتضمن العمليات الإدراكية العديدة المتغيرة، كالقدرة على تحويل معلومات البيئة المادية إلى خريطة ذهنية. [2]

2-2 تطور مفهوم إيجاد الطريق عبر الزمن:

تنقسم التطورات في دراسات العثور على الطريق إلى ثلاثة فترات متداخلة:

فترة ما قبل "باسيني"¹ (PE-Pre-Passini Era Pre) من 1960 إلى 1970، وفترة "باسيني" (PE-Passini Era) من أواخر السبعينيات إلى التسعينيات، وفترة ما بعد "باسيني" (PE-post-Passini Era Po) من منتصف 1990 حتى الآن.

بدأت الفكرة في عام 1960 عندما طرح مفهوم "إيجاد الطريق" لأول مرة من قبل المخطط الحضري كيفن لينش (Kevin Lynch)، حيث استخدم هذا المصطلح في كتابه المرجعي "صورة المدينة (The Image of the City)". أشار لينش في عمله إلى أن أدوات مثل الخرائط وأرقام الشوارع وعلامات الاتجاه تُعد من وسائل "اكتشاف الطريق". كما توصل إلى أن عملية اكتشاف الطرق ترتبط بتشكيل صور ذهنية للبيئة المحيطة، بناءً على الإدراك الحسي والذاكرة. وأبرز "لينش" أن المكونات الرئيسية للخرائط المعرفية تتمثل في خمسة عناصر أساسية هي: المسارات، المعالم، المناطق، الحدود، والعقد. [2]

في الحقبة الثانية، تم صياغة مفهوم تحديد مسارات الطريق بشكل أكبر من خلال توسيع مفهوم التوجه المكاني من خلال دراسة المعماري وعالم النفس البيئي "Romedi Passini" في منتصف سبعينيات القرن العشرين حيث قام بمتابعة هذا التسلسل التاريخي وتوسيع نظرية لينش وطور التوجيه من مفهوم التوجه المكاني إلى حل المشكلات المكانية ويعزا له

¹ مهندس معماري وعالم نفس بيئي درس في جامعة مونتريال اهتم بتطوير معايير التصميم لتسهيل التوجه المكاني.

الفضل، لأن تطوير جميع حلول مشاكل إيجاد الطرق سواء كانت نظريات أم مبادئ أم إرشادات يعتمد بقوة على التفكير الأصلي لـ Lynch و Passini. حيث طور "باسيني" الدراسة لتشمل المساحات المعمارية واللاقات والاتصالات الرسمية الأخرى.[2]

في الحقبة الثالثة، ببداية عام 1977، ظهرت مجموعة من الدراسات المختلفة تباعاً عن مفهوم إيجاد الطريق، التي كان منها دراسة "بيل هيلير" Bill Hillier² الذي وصف بأن الدرجة التي تسهل بها البيئة رسم الخرائط المعرفية على أنها "ذكاء"، بالاعتماد على مفهوم التركيب الفراغي (Space Syntax) في إدراك الطريق، وعلى التقنيات التحليلية التي طورها في أواخر السبعينيات لتحديد وجمع المعلومات الطوبولوجية، ومقارنة الحالات.[2]

وما تزال إلى اليوم تُستخدم تقنيات التحليل الفراغي التي تعتمد على نهج نظرية التركيب الفراغي لقياس ومقارنة خصائص الفراغات مع بعضها البعض، للوصول إلى أفضل الحلول. وأبرز هذه التقنيات برنامج (Depth map) .

3- الاستدلال الطرقي في المراكز الصحية للأطفال:

إن بيئة المنشآت الصحية بشكل عام تفرض على المرضى جواً من الإجراءات والقواعد تُقيد حركتهم ونشاطاتهم ضمنها، وبالتالي لا يمكنهم التنبؤ بما سيجري معهم أثناء الزيارة. [9] فالطفل بحاجةٍ للإحساس بالسيطرة على البيئة المحيطة به، وأنه غير مُغلب على أمره أو خائف من شيء، ولذلك يجب ترك الفرصة له لاستكشاف ما حوله بنفسه وتجربة مهاراته الخاصة، مما يُولد لديه مشاعر المنافسة. [10] ولكن يتحقق ذلك، يجب على المصمم جعل البيئة المحيطة بالطفل مفهوماً واضحاً و قريبةً من تصوراته. ولعل أبرز الجوانب التي تعمل على زيادة الشعور بالسيطرة عند الأطفال في المراكز الصحية هو موضوع الاستدلال الطرقي واستكشاف الفراغات، الذي يؤدي فقدانه عند الأطفال إلى شعورٍ بضعف التحكم بالبيئة المحيطة، وما ينتج عنه من أعراضٍ صحيةٍ كزيادة ضغط الدم

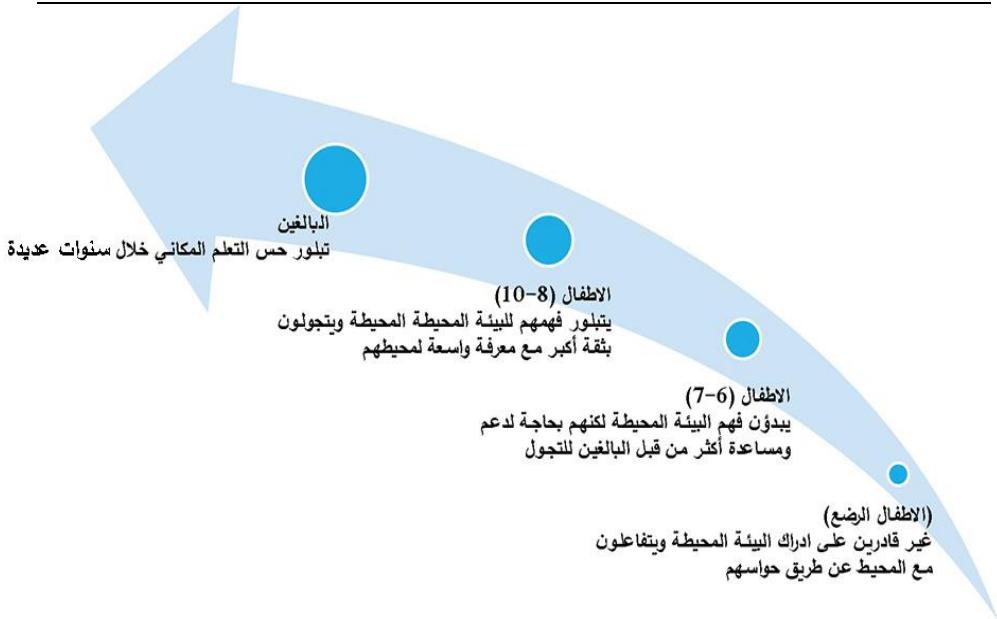
² بيل هيلير Bill Hillier أستاذ علم التشكيل المعماري والحضاري بجامعة لندن ورئيس كلية Bartlett School للدراسات العليا ومدير مختبر التركيب الفراغي Space Syntax Laboratory في جامعة لندن. حاصل على شهادة الدكتوراه العليا في جامعة لندن ومؤلف لعدد كبير من المقالات التي تتناول جوانب مختلفة من الفراغ وكيفية عمله والزاد الأصلي لأساليب تحليل الأنماط المكانية المعروفة باسم "التركيب الفراغي-". "Space Syntax"

والاكتتاب والمشاعر السلبية وتنبيط جهاز المناعة. ولتعزيز هذه الحاجة، يجب تزويد الأطفال بالخيارات، حتى لو لم تكن هذه الخيارات مثالياً، لكنها تشعره بالاستقلالية. [9]

3-1 إدراك الأطفال للبيئة المحيطة وعملية استدلال الطريق:

ترتبط عملية إدراك الفراغ عند الأطفال باختلاف مراحلهم العمرية، التي تتسم كل منها بمجموعة من الخصائص تتيح للطفل فهم البيئة المحيطة به. ويمر الطفل بثلاث مراحل أساسية:

- **مرحلة الطفولة المبكرة (2-5 سنوات):** تُعد مرحلة مهمة تشهد نمواً سريعاً، وبشكل خاص من الناحية العقلية. حيث تكون لدى الطفل مفاهيم مختلفة تكون في أغلبها حسية، مثل: مفهوم العدد، والزمان، والمكان. كما يصبح قادرًا على التعلم عن طريق المحاولة والخطأ ويستطيع إدراك المحيط بتكويناته البسيطة [11].
 - **مرحلة الطفولة المتوسطة (6-9 سنوات):** يتمكن الطفل من إدراك الأشياء بصورة كلية ويعمل إلى التفكير الواقعي أكثر من الخيال. إضافة إلى أن حاسة اللمس تنمو لديه بشكل قوي مما يساعد في التعرف على العالم المحيط به عبر اللمس والبصر. حيث يبدؤون بسن السابعة فهم بيئتهم وبالتالي هم بحاجة إلى دعم ومساعدة من البالغين للتجوال في بيئتهم المحيطة [12].
 - **مرحلة الطفولة المتأخرة (9-12 سنوات):** ينمو جسد الطفل في هذه المرحلة، كما تتطور شخصيته وقدرته اللغوية. ومع تقدم العمر، يكتسب الأطفال معلومات أكثر عن الأماكن من حولهم، وتحسن قدرتهم على وصف التغيرات في المحيط. وهذا يبدأ الأطفال في إدراك العالم الذي يعيشون فيه كنظام عبر عناصره الواضحة لهم. [12]
- وبالتالي فإن الانتقال من مرحلة الطفولة المتأخرة إلى المراهقة أو البلوغ، سيزيد من مهارة الأطفال بتحليل أعمق للبيئة المكانية وتكوين الخرائط الذهنية الخاصة بهم اعتماداً على معطيات المكان، لا سيما أنهم في هذه المرحلة يميلون للاعتماد على أنفسهم بدلاً من الإرشاد المباشر من قبل الأهل. ويعود ذلك إلى النضج النسبي للوظائف التنفيذية في الدماغ، مثل التخطيط المسبق، وحل المشكلات، والقدرة على التذكر المكاني. [12]



المخطط (2) مخطط يوضح تطور إدراك الأطفال للبيئة المحيطة – المصدر: (عمل الباحث)

وشكل عام، تتطلب عملية التجوال في بيئه غير مألوفة – خاصةً عندما تكون صعبة – دعماً عبر عناصر تصميمية تساعد الأطفال على فهم الفراغ المحيط بهم. ولكي يُدرك الأطفال الفراغ من حولهم بأشكاله الهندسية، فعليهم أولاً إدراك العناصر المكونة له، سواء كانت خطوطاً مستقيمة أو منحنية. وفي هذا السياق، يرى "بياجيه"³ أنَّ الطفل كلما كان أصغر سناً، زاد تفضيله للأشكال المنحنية على ذات الزوايا الحادة، خاصةً في مرحلة الطفولة المبكرة؛ لأنَّ الانسيابية التي تتمتع بها الأشكال المنحنية تُشعِّج حاجته للإحاطة (الاحتواء)، وتحوي له بالأمان. وهذا بدوره يعزز حب الاستطلاع والاكتشاف والاستدلال ضمن البيئات غير المألوفة. لذلك، يشعر الطفل بالراحة في فراغ مُصمم بأشكال منحنية،

³ جان بياجيه Jean Piaget: عالم نفس وفلسوف سويسري. كرس حياته لدراسة النمو العقلي لدى الأطفال ووضع كتابين بهذا الصدد. وأثرت نظريته حول التطور المعرفي للطفل في الكثير من مجالات التربية مثل علم نفس النمو.

وهو ما يفسر شيوع الأشكال المنحنية في المنشآت المخصصة لمرحلة الطفولة المبكرة، بينما تُستخدم الأشكال ذات الزوايا في المدارس ومباني الأطفال الأكبر سنًا. [13]

3-2 العناصر الفاعلة في تسهيل إيجاد الطريق في المراكز الصحية للأطفال:

تشابه الخصائص المكانية لأقسام المراكز الصحية عموماً، وبالتالي يصعب تمييزها على المستخدمين. فهي تعدّ بيئة غير مألوفة ومعقدة، خاصة للأطفال الذين لم تنبloorز بعد قدراتهم الإدراكية للتنقل فيها دون ضياع. [2]

يتأثر مفهوم الاستدلال الطرقي بمحورين أساسيين: يرتبط الأول بعناصر التصميم المعماري Architecture Design Elements المعمارية، ويضم كل من هذين المحورين Architecture Additions Element مجموعة من العناصر. [2]

3-2-1 المحور الأول: عناصر التصميم المعماري الرئيسية في الحركة والاستدلال.

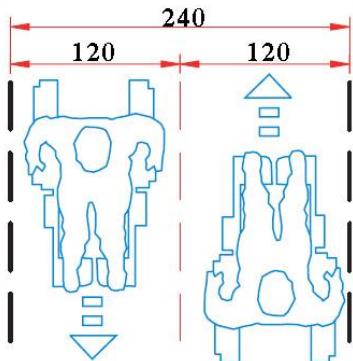
تعد القدرة على تصميم وتحطيط فراغات مرئية بالكامل من قبل المرضى والزوار أمراً مهماً في تمكينهم من إنشاء الخريطة الذهنية للمبني، وهو ما أكدت عليه نظرية التركيب الفراغي (Space Syntax) للمعماريين "هيلير وهانسون". ويمكن المساعدة في تحقيق ذلك من خلال دمج تصميمات مميزة وفراغات أتريوم لاستكمال الخريطة الذهنية بترتيب منطقي لأنظمة الحركة الأفقية والرأسيّة. ففي حين تتوافق الأنظمة الأفقية (اللممرات والمسارات العامة) بشكل أفضل مع المعالم المميزة (Landmarks) وطريقة تحطيط الممرات ضمن المركز، نجد أن الأنظمة الرأسية (المصاعد والأدراج) تتوافق بشكل أمثل عند النقط الهمامة (Decision Points) في الممرات، مع ارتباطها بمكاتب الاستقبال والترحيب ونقط المعلومات. [14]

3-1-2-3 مسارات الحركة الأفقية (الممرات): (Corridors)

تمثل مسارات الحركة الأفقية الشريانين التي تصل أقسام المركز الصحي ببعضها البعض. وتعتبر المعايير التصميمية الأساسية لنجاح ممرات الحركة في تحقيق الاستدلال الطرقي هي: الوضوح الاتجاهي، والقدرة على الرؤية، والتتنوع، ووجود المعالم البارزة، وسهولة العثور

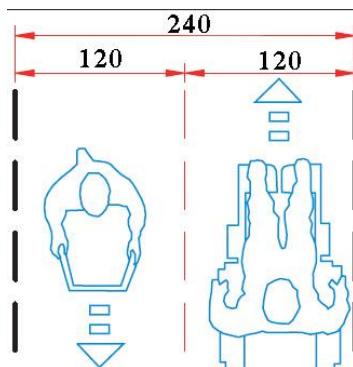
على الطريق. غالباً ما تحتاج الممرات الطويلة إلى معالجات تصميمية لزيادة الجذب البصري وتقليل الشعور بالرتابة.[2]

ومن الاعتبارات التصميمية لأبعاد الممرات:



الشكل (1) أبعاد المر (كرسي ثابت)
متحرك)- المصدر: Health Building Note 00-04

- ألا يقل عرض مسارات الحركة الأفقية الخاصة بالمرضى سواء ممر أو منحدر داخلي عن 240cm. ويجب أن يكون المستوى أفقياً أو مائلاً بنسبة لا تزيد عن 1:12 لمسافة لا تتجاوز 9 m. لا يُسمح بأي فروق في منسوب أرضية الممرات الرئيسية إلا مع وجود منحدرات.



الشكل (2) أبعاد مر (كرسي متحرك)
متحرك)- المصدر: Health Building Note 00-04

- عند تقاطع ممرتين، يُراعى شطاف الزاوية القائمة أو تصميمها على شكل ربع دائرة، أو أن يتقابل الممران في بهو مربع الشكل بأبعاد 3×3 متر.
- ممرات خالية تماماً من أي عوائق مثل: بروزات الأعمدة، والأكتاف، والأثاث الثابت، والأرفف البارزة، وأسطوانات إطفاء الحريق البارزة؛ لضمان تجنب اصطدام المرضى أو العربات المتحركة بها.
- يجب ألا يقل الحيز المتاح لحركة كرسي متحرك في اتجاه واحد عن 120 سم، وفي حالة وجود كرسيين متحركين في اتجاهين متعاكسيين لا يقل الحيز عن 240 سم كما في الشكل (1,2).

- في حال دوران الكرسي المتحرك دورة كاملة (360 درجة)، يجب توفير دائرة دوران لا يقل قطرها عن 1.5 متر. أما في الممرات ذات الحركة العالية والمتنوعة، فيجب توفير

حيزات داخل الحوائط للوقوف المؤقت للكراسي المتحركة.

- عند اختيار ألوان الممرات، يجب أن تتناقض ألوان الأرضيات مع الجدران، مع تجنب أنظمة الألوان الأحادية والابتعاد عن الجدران والأرضيات ذات النقوش العالية (الشكل 3).



الشكل (3) تصميم الممرات في مركز شرينرز الطبي للأطفال في كاليفورنيا - المصدر: www.archello.com

يُفضل استخدام أشكال بسيطة وجذابة للأطفال، مع الحرص على أن تقلل أسطح الأرضيات والجدران من انعكاس الضوء، وأن تكون مقاومة للانزلاق. كما يُنصح بعدم استخدام فرش التغطية الناعمة مثل السجاد السميكي. [3]

2-1-2-3 المدخل والفراغات العامة الداخلية (entrance & public areas)



الشكل (4) مدخل قسم الطوارئ في
مركز providence sacred heart
للأطفال - وشنطن- المصدر:
www.arcdaily.com



الشكل (5) مدخل مركز آبيس
الصحي للأطفال - صربيا-
المصدر: www.arcdaily.com



الشكل (6) مدخل مركز San Ysidro
الصحي للطفولة والأمومة - كاليفورنيا-
المصدر: www.syhealth.org/clinics

أ. المدخل الرئيسي: يجب أن يتميز مدخل المركز الصحي للأطفال بسهولة الوصول ووضوح التكوين (الشكل4,5)، مع استخدام لوحات إرشادية واضحة تعتمد على رموز بسيطة ورسومات جذابة للأطفال. كما يُفضل استخدام ألوان متباعدة ومبهجة لخلق بيئة مرحبة تُشعر الطفل بالأمان والترحيب منذ لحظة دخوله. يُوصى بتطبيق الأبواب الزجاجية عند المدخل الرئيسي لضمان استمرارية بصرية بين المساحات الداخلية والخارجية (الشكل5) ، مع مراعاة تصميم عدد وكم الأبواب بشكل يتناسب مع تدفق المرور لتجنب الازدحام. وفي حال استخدام الأبواب الآلية أو الدوارة، لا بد من توفير أبواب جانبية إضافية لضمان المرونة وسهولة الحركة في حالات الطوارئ أو عند زيادة عدد المرتادين.[9]

يجب أن يتميز باب المدخل لأي منطقة استقبال أو خدمة بعرض لا يقل عن 1.2 متر لتسهيل حركة الكراسي المتحركة ومرافقهم، مع الأفضلية للأبواب الآلية التي تُقلل من التدخل البشري العاملة بالخلايا الضوئية، خاصةً في المداخل الرئيسية

التي ينبغي ألا يقل عرضها عن 1.7 متر. وفي حال وجود اختلاف في المناسب، يجب توفير منحدرات مجاورة لدرج الدخول لضمان انتقال آمن وسهل لمستخدمي الكراسي المتحركة بين المستويات المختلفة.[15]

كما يجب تخصيص مداخل ومخارج واضحة مع نقاط تحكم تتيح الرؤية الكاملة، بحيث يشمل التصميم: مدخل رئيسي واحد، مدخل منفصل للأطفال الأصحاء، وآخر للعيادات الخارجية، ومدخل للموظفين، بالإضافة إلى مدخل خدمة مستقل.[22]



الشكل (7) منطقة الانتظار والاستقبال في مركز شريرز الطبي للأطفال - كاليفورنيا
المصدر: www.arcdaily.com

ب. منطقة الاستقبال: يجب أن يُوضع مكتب الاستقبال الرئيسي في مواجهة المدخل مباشرةً ليكون مركزاً للمعلومات، مع تهيئة جزء منه بارتفاع مناسب (75-85 سم) لمستخدمي الكراسي المتحركة، وجزء آخر منخفض الارتفاع (60-70 سم) ليتناسب مع الأطفال (الشكل 7)، بحيث يكون المكتب في موقع مرمي وخالي من حركة المارة لتمكين موظفي الاستقبال

من أداء مهامهم بكفاءة مع الحفاظ على اتصال بصري دائم مع الزوار وأبواب الدخول والخروج ومنطقة الجلوس، مما يضمن سهولة المراقبة والتواصل مع جميع الزوار. [15]



الشكل (8) منطقة الانتظار الواسعة في مركز كينيدي الطبي للأطفال - أيرلانغر- الولايات المتحدة - المصدر: <https://aiaga.org/design-award/childrens>

ت. منطقة الانتظار: تساهم مساحات الانتظار الواسعة في رضا المراجعين وتعكس جودة الخدمة المقدمة ضمن المركز (الشكل 8)، بينما تسبب الأماكن الضيقة والمزدحمة توترة للأطفال وذويهم.

يجب ترتيب أثاث منطقة الانتظار بعناية لتحديد مسارات الحركة ومناطق الجلوس بوضوح مع تجنب الزوايا الحادة واستخدام الأسطح المضادة للصدمات،

(الشكل 9)، لقليل خطر الإصابات أثناء حركة الأطفال والمرافقين. كما يجب توفير أماكن انتظار تتيح للأطفال من خلال توزيع أثاثها الجلوس مع أصدقائهم أو أفراد عائلتهم (الشكل 10). [10]



الشكل (10) منطقة الانتظار في مركز Cohen الطبي للأطفال - نيويورك - المصدر: www.fmfp.com



الشكل (9) ترتيب أثاث منطقة الانتظار لتوضيح مسارات الحركة - المصدر: www.fmfp.com

ث. عناصر الاتصال الشاقولي (المصاعد / الأدراج):

تُمثل القلب الواصل رأسياً ضمن المركز، حيث تجمع المصاعد والسلام والمنحدرات والسلام الكهربائية في فراغ واحد يربط بين الأقسام المختلفة. يُفضل وضعها في موقع واضح وسهل الوصول من المدخل الرئيسي، مع زيادة عددها حسب حجم المركز. تُصمّم السلام بعيداً عن المسارات الرئيسية، مع مراعاة أبعاد مناسبة ودرازبين آمن يتناسب مع جميع أعمار الأطفال، لضمان سهولة وسلامة الاستخدام للجميع.

3-2 المحور الثاني: عناصر الإضافات المعمارية المساعدة:

تشمل دراسة عناصر الإضافات المعمارية المساعدة العناصر التالية:

1-2-2-3 الإضاءة :Lighting



تستمد الفراغات المعمارية إضاءتها من مصادرتين رئيسيتين: الضوء الطبيعي (أشعة الشمس) والضوء الصناعي ب مختلف أنواعه وتوزيعاته الضوئية.

أ. ضوء النهار الطبيعي: يعتبر الضوء الطبيعي (أشعة الشمس) ذا فوائد علاجية ونفسية كبيرة، حيث يحفز امتصاص فيتامين (د) عن طريق الجلد

ويقلل من حالات اليرقان الوليد، كما يمنح الأطفال شعوراً بالدفء والراحة النفسية،

ما يجعله الخيار الأمثل للمراكز الصحية والابتعاد عن الإضاءة الصناعية قدر الإمكان.



الشكل (12) إطلالة الممرات على البيئة الخارجية في مركز تكساس لطب الأطفال-
المصدر: www.archdaily.com

في تصميم المراكز الصحية للأطفال التي تؤكد أهمية توفير منظر خارجي حتى لو كان بسيطاً، سواء كان مشهداً طبيعياً أو معمارياً بعيداً.[16]

ب. الإضاءة الكهربائية **Electric light**: يتشكل المظهر المرئي للمساحة المضاءة بناء على الطريقة التي تتكامل بها معدات الإضاءة مع التصميم المعماري. وبالتالي يجب تحقيق التكامل بين الضوء الطبيعي والصناعي من خلال إضاءة وظيفية مدققة تتيح الرؤية الواضحة وأداء المهام بكفاءة، مع اختلاف مستويات شدة الإضاءة حسب متطلبات كل قسم كما هو موضح في الجدول(1)، لضمان توفير بيئة بصرية مريحة.[2]

الجدول (1) شدة الإضاءة تبعاً للوظيفة-المصدر :

القسم المدروس	شدة الإضاءة-لوكس (lux)
مناطق الحركة circulation areas	150- 50
مناطق القراءة reading	500 - 200
مناطق-الفحص-والعلاج Examination/treatment	750 - 500

3-2-2 دور التصميم اللوني في دراسة الحركة وأنظمة اللافتات:

تساعد الألوان الذاكرة في تذكر الشكل والنمط وتعتبر جزءاً حيوياً من الترميز واللافتات.

وتقسم دراسة التصميم اللوني إلى مرحلتين متتاليتين:

أ. التصميم اللوني في دراسة الحركة: تُسهم الألوان في توفير نظام توجيهي بصري فعال يبدأ من المدخل الرئيسي للمبنى، حيث تعمل كعلامات بصرية تُسهل فهم التخطيط العام



وتحديد المسارات الرئيسية ومناطق التجمع، مما يتيح للمستخدمين إدراك مسارات الحركة بشكلٍ حسي واتخاذ قرارات التوجيه الصحيحة دون الحاجة إلى جهدٍ كبير، كما تُساعد هذه الأنظمة اللونية في توفير معلومات بصرية مستمرة خلال التنقل تضمن وصولاً سهلاً إلى الوجهات المطلوبة مع التأكيد على نقاط الوصول الرئيسية من خلال تغييرات لونية أو علامات واضحة تساعد بالوصول إلى المكان المطلوب بشكلٍ لا لبس فيه (الشكل 13). [2]



الشكل (13) إمكانية توظيف التصميم اللوني للوصول إلى الوجهة المطلوبة،
المصدر: www.designboom.com

ب. التصميم اللوني لأنظمة اللافتات: تعد الخرائط أداة إرشادية فعالة، حيث يمكن الترميز اللوني البسيط والمنطقي المستخدمين من فهم الصورة الشاملة للمكان وتحديد المسارات بسهولة، حتى عند النظر من خارج مناطق الحركة، مما يحسن التجربة المكانية ويُقلل من الجهد الذهني المطلوب للتوجيه. [16]

3-2-2-3 أنظمة اللافتات : Signage system



الشكل (14) اللافتات الإرشادية الجدارية
برموز بسيطة واضحة -المصدر :
www.designboom.com

يعتمد عليها للاستدلال في معرفة مسارات الحركة؛ إذ إن الناس دائمًا ما يبحثون عن الدلالات والإشارات التي تمدهم بالقدر الكافي من المعلومات التي ترشدهم وتخبرهم بالطريق، وذلك بأقل قدر من الجهد ودون التعرض للإحراج" [17]. وتشمل دراسة موقع اللافتة الصحيح وبساطتها (الشكل 14)، والتقليل من استخدام



الشكل (15) لاقت ارشادية برموز وعبارات

مألوفة للأطفال على غرف العيادات -

المصدر : www.designboom.com

المصطلحات الطبية التي تشتت عملية التوجيه ضمن المركز كما في (الشكل 15) حيث استخدمت أسماء الحيوانات الأليفة للإشارة إلى العيادات . يشير "آرثر وباسيني (Arthur and Passini) " في دراستهما إلى أن المعلومات غير القابلة للتطبيق مباشرةً، أو التي لا تكون ذات صلة ويتم دمجها ضمن مجموعة معقدة من المعلومات، قد لا تدرك على الإطلاق من أي فئة عمرية، ولا يتم فرزها أو تذكرها. وبؤكدان أن "وضع المعلومات في المكان الخطأ يُعد تماماً مثل عدم وجود معلومات على الإطلاق".[2]

4-2-2-3 المعالم المضافة عند نقاط التجميع:

نعرف نقاط القرار "بالعقد" Nodes أو "نقاط الاختيار"، هي التقطيعات التي تلقي بها المسارات، حيث يحتاج الأشخاص إلى اتخاذ قرار بشأن المسار الذي يجب اتباعه أو المكان الذي ينبغي التوجه إليه. في هذه النقاط، تزداد نسبة التشويش لديهم، مما يجعلهم بحاجة ماسة إلى إشارات ودلائل محيطية واضحة. ويمكن تعريفها أيضاً بأنها نقاط الالقاء بين مسارات الحركة، أو المواقع التي يحدث فيها تغيير في اتجاه المسارات الأساسية، أو تحول في الأدلة البيئية المرشدة، أو أماكن وجود مداخل وخارج مهمة.[18]



الشكل (16) أعمال فنية في نقاط التجميع
بمركز أندلسية لعيادات الأطفال - السعودية -
المصدر: www.idskids.com

وتتضمن العقد أعمالاً نحتية ومجسمات فنية، مثل الأحواض المائية، التي تستخدم ك نقاط علام تسهل عملية الاستدلال عليها. [19] فعلى سبيل المثال، قد تحتوي العقد في المراكز الصحية المخصصة للأطفال على لوحات جدارية تصور أغاني أطفال مشهورة أو منحوتات لشخصيات كرتونية محببة لهم، مما يعزز وضوحها و يجعلها أكثر ألفة (الشكل 16).

كما أن العقد المرتبطة باتصال بصري مع العالم الخارجي، أو تلك المطلة على فناء داخلي، توفر أدلة إضافية تساعد المستخدمين في تحديد طريقهم. وبالتالي، فإن تعزيز نقاط القرار بعناصر بارزة ومميزة - سواء كانت فنية أو إرشادية - يزيد من فعاليتها في توجيه المستخدمين ومساعدتهم على التنقل بسهولة ووضوح.

أنواع المعالم المميزة: التماثيل، المنحوتات، اللوحات الجدارية أو عناصر جذب أخرى. وتوضع عند المصاعد والأدراج وفي الممرات الطويلة والنقاط العازلة. [2]

4- نظرية صيغة تركيب الفراغ (space syntax) وعلاقتها باستدلال الطريق:

4-1 مفهوم نظرية صيغة تركيب الفراغ (space syntax):

أطلق "هيلير وهانسون" (Hanson) في سبعينيات القرن العشرين نظرية (Space Syntax) في جامعة لندن كنهج يبحث في تحليل العلاقة بين التخطيط المكاني والظواهر السلوكية والبيئية، حيث تعتمد نظرية صيغة التركيب الفراغي على وصف وتحليل وقياس العلاقات التركيبية للتنظيم الفراغي للأبنية والبني الهيكيلية الحضرية بشكل كمي، فهي تبحث في العلاقة بين المتغيرات السلوكية والأنماط الفراغية المختلفة، إذ تعنى بتقييم وفهم الفراغات ضمن دراسة شاملة لمجمل فراغات المنظومة العامة التي تحكمها جملة من الظواهر الاجتماعية والإدراكية والقوانين المشكّلة لبنيتها العضوية التكوينية، حيث يتم تنظيم الفراغات

والمحاور والعلاقات بين الأفراد باختلاف درجة الفصل والعزل الفراغي (Separation) أو التجمع والدمج الحيوي للفراغات [4]. (Aggregation)

دخلت المنهجية المجال المعماري والاجتماعي في العام 1980، وتمكنت الدراسات الخاصة بهذه النظرية من التوصل إلى مؤشرات قياسية حول الخصائص التركيبية للتنظيم الفراغي بالاعتماد على طرق منهجية علمية بطرح مفاهيم أبرزها: عمق الفراغ (depth of space) وتكامل الفراغ (Integration) والاتصال (Connectivity)، والتي يمكن من خلالها التوصل لحسابات وقيم رقمية رياضية، لتحديد موقع الفراغ ضمن المنظومة الفراغية ككل، ومقدار افتتاحه وتحكمه بالحركة من وإلى الفراغات الأخرى". وتوصلت هذه الدراسة إلى طبيعة العلاقة بين الفراغ والمجتمع من خلال التحكم بدرجة العزل أو التكامل الخاصة بالفراغات ضمن تنظيم معين. وفي هذا السياق حدد "هيلير" الخصائص التركيبية البنوية للتنظيم الفراغي بالانتظار - عدم التناقض - الانتشار - عدم الانتشار [4] وفقاً لل التالي:

٤-١-٤ خاصية التناظر - عدم التناظر (Asymmetry-Symmetry): تشير هذه الخاصية إلى درجة التمايز أو الاختلاف في التكوين الفراغي بين أجزاء الشبكة المعمارية حيث يعكس (التناول Symmetry) توازناً بالعلاقات الفراغية، حيث تتشابه الأجزاء في خصائصها البصرية والوظيفية، مما يسهل التنقل والإدراك البصري. أما (عدم التناظر Asymmetry) يعكس تفاوتاً في التكوين، مثل وجود مسارات رئيسية مقابل ثانوية، أو اختلاف في كثافة الاستخدام، مما يؤثر على توزيع الحركة والتفاعلات الاجتماعية.[5]

1-4-2 خاصية الانتشار-عدم الانتشار (Distributed- Non distributed)
تعبر عن الخيارات في طرق الوصول لكافة فراغات المبني فكلما ازداد العدد للوصول إلى فراغ معين ازداد انتشاره في النظام وبالعكس. يعتمد قياس هاتين الخاصيتين على المؤشرات الفياسية [5]:

درجة التكامل (Integration Value): يرتبط هذا المتغير بخاصية (التناظر-عدم التناظر) التي تعبّر عن العمق النسبي (Relative Depth) للفراغ نسبة إلى بقية الفراغات، ويتم حساب درجة تكامل الفراغ وفقاً للخطوات الآتية:

أولاً: حساب معدل عمق الفراغ (Mean Depth); كما يأتي:

- إنشاء مخطط المحاذة (Justified-Graph) بوضع الفراغ المراد قياس عمقه النسبي في قاعدة المخطط بوصفه فراغاً أساسياً، ثم ترتب فوقه بقية فراغات المبني بمستويات حسب عدد الفراغات التي يتوجب المرور خلالها للوصول إلى كل الفراغات من الفراغ الأساس، ويتم تمثيل كل فراغ بدائرة صغيرة، أما الترابط بين الفراغات فيتم تمثيلها بخطوط رابطة [4].Links
- يحسب عمق كل فراغ في المخطط عن الفراغ الأساس، حيث يمثل عمق كل فراغ عدد الفراغات التي يتوجب المرور خلالها للانتقال من الفراغ إلى الفراغ الأساس.

يحسب معدل عمق الفراغ بالمعادلة الآتية: $MD = \sum D / (K-1)$ حيث أن:

D: الخطوات التي يبعدها الفراغ عن فراغات النظام الأخرى.

K: عدد فراغات النظام.

(Mean Depth) M.D

$\sum D$: مجموع مقادير العمق لجميع الفراغات في المبني عن الفراغ الأساس.

ثانياً: حساب قيمة تكامل الفراغ (عدم التناظر النسبي Relative asymmetry):

وهي قيمة العمق النسبي (Relative Depth) لهذا الفراغ عن جميع الفراغات الأخرى التي يحتويها المخطط، وذلك من خلال المعادلة الآتية:

$$R.A = \frac{2(MD - 1)}{K - 2}$$

.(Relative Asymmetry) R.D

.(Mean Depth) M.D

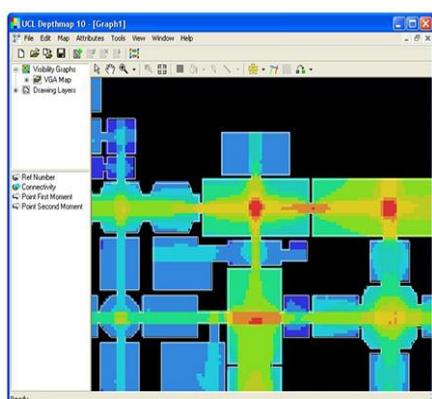
K: عدد فراغات النظام

تترواح قيمة عدم التناظر النسبي بين الصفر (أعلى تكامل-اندماج للفراغ) والواحد (أعلى عزل للفراغ). [6] وهنا يمكن التأكيد أن نهج (space syntax) يوفر قاعدة معلوماتية

لتقييم الفراغات عند الانتهاء من مرحلة الأفكار النظرية للتصميم. حيث يستخدم في الوقت الحالي في العديد من الدراسات المطبقة على الجامعات والمؤسسات الثقافية، معتمداً على تحليل المكونات المكانية عبر رسوم بيانية تخطيطية تتناول النظام الفراغي بشكل متكامل. حيث يتم تحليل مجالات الرؤية والتشكيل البصري من نقاط مختلفة، بالإضافة لتحليل المحاور والفوائل بين الفراغات والوظائف.[7]

4-2 التطبيقات الحاسوبية لنظرية (space syntax)

تُستخدم منهجية (Space Syntax) كطريقة وصفية لتحليل النظم الفراغية والخصائص الشكلية والهيكل المورفولوجية[4]. وقد تطور تطبيق منهجية من التمثيل اليدوي البسيط إلى استخدام التطبيقات الحاسوبية (Software)، حيث صُممَت العديد من البرامج ضمن



الشكل (17) تطبيق برنامج (Depth map) في تحليل الفراغات – المصدر: (pinelo.J, Turner: A 2010)

مختبرات تخصصية. نذكر منها برنامج (Depth map-UCL) المصمم من قبل تورنر (Turner) في وحدة "بارتليت" للبحوث (Bartlett) في جامعة لندن، الذي يعالج المنظومة الفراغية للمخططات ثنائية الأبعاد (D2) بصيغة (Dxf)، بملء المساحات المتصلة في المخطط بشبكة من النقاط (Grid of points)، مُحدّداً الموضع المرئية لمختلف نقاط المنظومة وفقاً لمخطط التكامل البصري (Visual Integration)، الذي يتم خلاله تمثيل الارتباطات البصرية بين مختلف نقاط المنظومة. [8]

اعتمد البرنامج كتطبيق مرجعي لتحليل العلاقات البصرية والحركة للنظم المعمارية والعمارية بشكل كمي، بتطبيق تحليل العلاقات البصرية [21] (Visibility graph analysis-VGA) تبعاً لمقاييس محددة (الاتصال والعمق)، التي يُعبر عنها بقيم رقمية وفقاً للدرج اللوني الذي يبدأ من اللون الأزرق كأقل قيمة لارتباط البصري،

مروراً باللون الأخضر والأصفر، وصولاً للون الأحمر الذي يمثل أعلى درجات الاتصال
(Connectivity) للفراغ.[8]

كما تعبّر خاصية التكامل (Integration) عن العمق النسبي للفراغ نسبة إلى الفراغات الأخرى، حيث تشير القيم المنخفضة للفراغات إلى درجة عالية من التكامل (درجة عالية من العمومية)، بينما تشير القيم المرتفعة إلى درجة تكامل منخفضة (درجة عالية من الخصوصية). يعبر اللون الأحمر عن مكان التكامل الإيجابي (الاندماج الجيد)، أما اللون الأزرق الداكن فيشير إلى أماكن التكامل السلبي (اندماج ضعيف).[8]

وبالاعتماد على المعادلة الرياضية لعلاقة الفراغات مع بعضها ومدى افتتاحها حسياً، يتبيّن أن القيمة الأقل (التي تقارب الصفر) تكون الأكبر، أي أن الفراغ يكون أكثر تكاملاً وأهمية من حيث السيطرة بالنسبة للفراغات الأخرى.[8]

5- الدراسة التحليلية:

لدراسة تأثير الاستدلال الطرقي في تصميم المراكز الصحية للأطفال، اعتمدت الدراسة على عدة معايير لاختيار نماذج الدراسة التحليلية، وفق الآتي:

- اختلاف آليات تطبيق الاستدلال الطرقي في المراكز المختارة.
- الأمثلة من بلدان جغرافية متنوعة.
- الأمثلة من أعمال معماريين مختلفين.

وهذه المراكز هي :

أ. مركز "ايكاشاي" لطب الأطفال Ekachai children health center تايلاند – 2019.

ب. مركز عيادات "وايلدرميث بيل" للأطفال Children's Clinic Wildermeth Biel سويسرا – 2008.

ت. مركز "سياتل" لعيادات الأطفال الجنوبية Seattle Children's South Clinic الولايات المتحدة – 2015.

سيتم تحليل نماذج حقل الدراسة بناءً على المحاور الرئيسية المستخلصة من الدراسة النظرية، والتي تمثل أبرز الجوانب المتعلقة في عملية إيجاد الطريق في المراكز الصحية للأطفال، وفقاً لما يلي:

أولاً: العناصر التصميمية الرئيسية الفاعلة في عملية الاستدلال:

وذلك من خلال تحليل التصميم المتبوع لمسارات الحركة والممرات وشكل الفراغات العامة الداخلية، ثم تقييمها باستخدام برنامج Depth Map (Depth Map) لإنتاج المخططات التحليلية للعلاقات البصرية (VGA). ويهدف التحليل إلى استخراج القيم الرقمية الدالة على خصائص الفراغات، وفقاً لخصائص الارتباط البصري (Connectivity)، التكامل البصري والاندماج (Visual Integration)، والعمق.

ثانياً: عناصر الإضافات المعمارية المساعدة: الإضاءة والدلائل اللونية وأسلوب اللافتات الإرشادية والمعالم المميزة ونقط الجذب، وربطها بالتطور الإدراكي للأطفال وفقاً لفئات العمرية المختلفة.

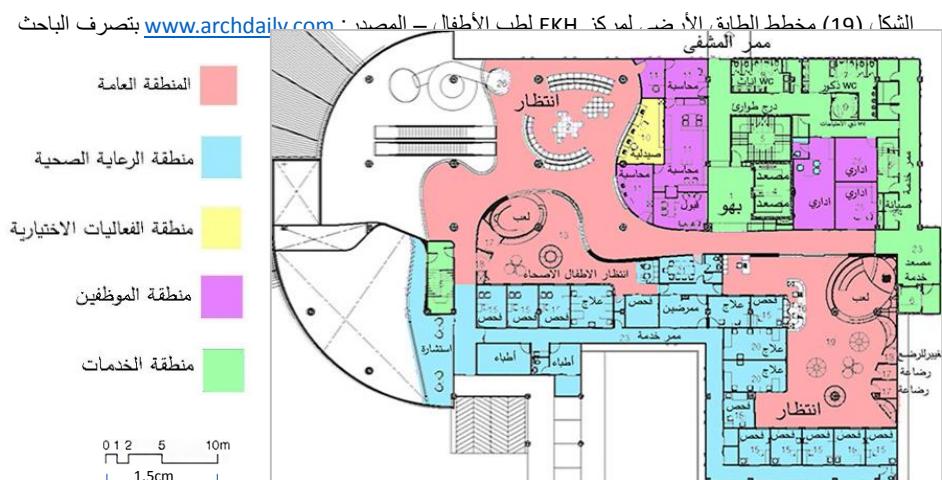
5-1 المثال الأول: مركز "إيكاشاي" لطب الأطفال health center



الشكل (18) مركز EKH لطب الأطفال - تايلاند
المصدر: www.archdaily.com

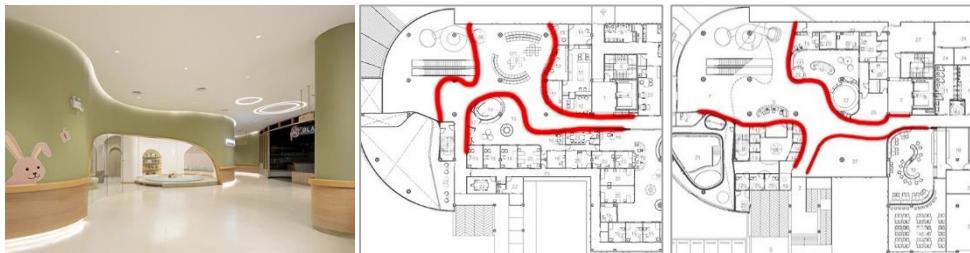
الموقع: "ساموت ساخون" - تايلاند، نوع المركز: مركز صحي شامل. المهندسون المعماريون: IF(Integrated Field) عام البناء: 2019، المساحة الإجمالية للمركز 7200 m²، عدد الطوابق: 5 طوابق بارتفاع 18 متر.

الاختصاصات الطبية: عيادات عامة للأطفال والمراهقين. يعتبر مركز EKH لطب الأطفال من المراكز الرائدة التي تأخذ احتياجات الطفل المريض بعين الاعتبار، حيث انطلق من مفهوم (اللعب هو الشفاء) الذي يركز على خلق بيئة مريحة وممتعة للأطفال المرضى. من الجوائز المعمارية التي حصل عليها المركز جائزة الهندسة المعمارية للبناء والتصميم 2020 عن فئة التصميمات الداخلية للرعاية الصحية. [23] ويتكون من الأقسام الآتية (الشكل 19،20):



أولاً: العناصر التصميمية الرئيسية الفاعلة في عملية الاستدلال:

أ. تحليل عناصر الحركة الأفقية (الممرات): تم تصميم ممرات المركز بخطوط منحنية، مما ساعد في دمج الممرات والبهو بشكل تدريجي، مما يضمن الانتقال السلس ضمن الأقسام دون تقابل أو انكسار أو زاوية أثناء حركة الطفل ضمن المركز.



الشكل (21) التخطيط المنحني للمرات وانعكاسه على الفراغات الداخلية في مركز EKH الصحي للأطفال - المصدر: [تحليل الباحث www.archdaily.com](http://www.archdaily.com)

ب. الفراغات العامة الداخلية (public/general areas):

المدخل الرئيسي: يتم بالوضوح والكبر، حيث انعكست الخطوط المنحنية على الواجهة الرئيسية أيضاً، من خلال مدخل بأقواس ربع ونصف دائري خشبية، وواجهة زجاجية ضخمة، سمحت للأطفال باكتشاف الفراغ الداخلي للمركز قبل الدخول إليه، وأعطته إحساس بالاحتواء. فكل هذا يشجع الطفل على الاكتشاف ويحفز عملية إدراكه للفراغ والاستدلال (الشكل (22)).



الشكل (22) المدخل الرئيسي لمركز EKH الصحي للأطفال - المصدر: www.archdaily.com

مناطق الانتظار: تم تصميم مناطق الانتظار بحيث يتبع لكل قسم ركن انتظار خاص به. وبكل ركن، يتتنوع الفرش بحيث يؤكد على التصميم المنحني للفراغات، ويراعي فصل الحركة للمشاة، وسهولة التوجيه، ويضمن للأطفال الصغار الوصول المباشر لمختلف الفعاليات ضمن المساحة. بالإضافة لدمج مناطق اللعب ضمن هذه المساحات. (الشكل (23))



الشكل (23) مناطق الانتظار في مركز EKH الصحي للأطفال- المصدر: www.archdaily.com



الشكل (24) الدرج المتحرك في مركز EKH-الصحي للأطفال- المصدر: www.archdaily.com

ت. عناصر الاتصال الشاقولي: يقع عنصر الاتصال الشاقولي الرئيسي المخصص للأطفال في منطقة الدخول، وهو عبارة درج متحرك في وسط البهو، الذي يعتبر من أكثر العناصر فعالية كونه يقع في منطقة الدخول ومرئياً للجميع، ويسهل على الأطفال عملية الانتقال الشاقولي السهل (الشكل 24).

ث. تقييم التصميم ببرنامج Depth map:

تم إعداد مخططات التكامل والاتصال والعمق في المركز، حيث يشير اللون الأزرق الغامق إلى الأقسام الغير نشطة والأكثر انعزلاً، بينما اللون الأحمر إلى المناطق الأكثر حيوية.

تحليل المسقط الأفقي للطابق الأرضي:

يلاحظ من مخطط الاتصال (Connectivity) والذي يعبر اللون الأحمر فيه عن المنطقة الأكثر مرئية من قبل الفراغات الأخرى وتمثل أعلى نقطة اتصال بصري - أنها تقع عند منطقة الاستقبال. ومن مخطط التكامل (Visual Integration) والذي يعبر اللون الأحمر فيع عن النقطة التي تتقاطع فيها أطول الخطوط البصرية - أنها تقع في قلب المسقط.



Visual Integration (التكامل البصري)

Connectivity (الاتصال)

الشكل (25) مخطط الاتصال والتكميل البصري في الطابق الأرضي لمركز EKH لطب الأطفال – المصدر: إعداد الباحث
برنامج Depth map

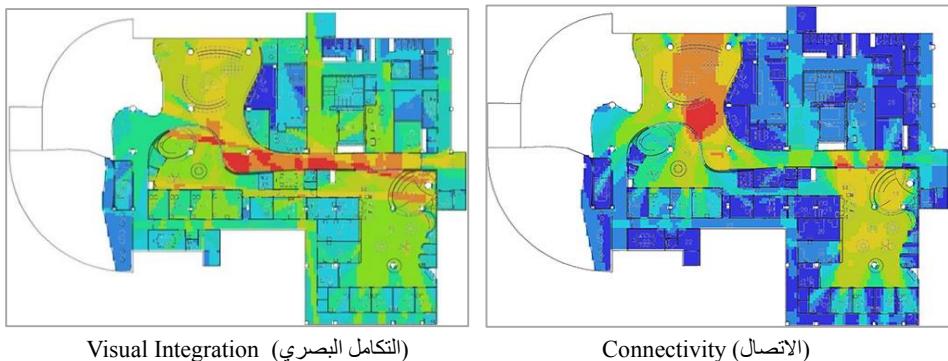
الجدول (2) التحليل الإحصائي الوصفي لمؤشر الاتصال والتكميل والعمق البصري في الطابق الأرضي لمركز EKH
لطب الأطفال – المصدر: إعداد الباحث ببرنامج Depth map

Ground floor الطابق الأرضي	Average المتوسط	Count العد	Standard Deviation الانحراف المعياري	Minimum الحد الأدنى	Maximum الحد الأعلى
Connectivity (الاتصال)	286.4	4751	210.3	5	861
Visual Integration (التكامل البصري)	4.43	4751	1.01	2.1	7.7
Visual Mean Depth متوسط العمق البصري	2.7	2621	0.42	1.9	4.9

تحليل المسقط الأفقي للطابق الأول:

من خلال مخطط الاتصال، يُلاحظ في منطقة الانتظار الرئيسية – التي يراها الطفل بعد الصعود بالدرج المتحرك – أنها تشكل أعلى قيمة نشاط (اللون الأحمر). ويُلاحظ من مخطط التكميل أن أعلى درجات الاندماج تكون ضمن الممر الواسع بين منطقتي الانتظار، وهذا مؤشر لوضوح هذا الممر للأطفال. وبشكل عام، يُلاحظ أن التوجه المتبع بالتصميم بخطوطه المنحنية قد خلق اندماجاً فراغياً بين مكونات المسقط، حيث ظهرت أعلى قيم من التكميل والاتصال في الممرات والفراغات العامة بفضل هذا النمط من التخطيط

والذي يلبي حاجة الأطفال الأصغر سناً بالاستدلال التلقائي بتكويناته المنحنية.



الشكل (26) مخطط الاتصال والتكميل البصري في الطابق الأول لمركز EKH لطب الأطفال – المصدر: إعداد الباحث
Depth map برنامج

ثانياً: عناصر الإضافات المعمارية المساعدة:



الشكل (27) الإضاءة الطبيعية عبر الاتصال
الخارجي بالبيئة المحيطة في مركز EKH
لطب الأطفال. المصدر:
www.archdaily.com

أ. الإنارة: تؤمن إضاءة طبيعية للفراغات العامة الرئيسية كالبهو العام عند منطقة الدخول ومنطقة الانتظار الرئيسية في الطابق الأول، فضلاً عن اتصالها بمنظر خارجي (الشكل 27). لكن في الطرف المقابل، نلاحظ أن بعض الفراغات الداخلية ومناطق الانتظار الفرعية في الأقسام تعتمد على الإضاءة الاصطناعية.

ب. استخدام الألوان للدلالة: تم اعتماد الألوان من درجات "الباستل" الفاتحة التي تعطي نوعاً من الراحة والهدوء للجو العام للمركز، مع التأكيد على التباين المريح لألوان الأرضيات والجدران والأبواب والأعمدة ليساعد في تحديد الوجهة بوضوح.(الشكل 28)



الشكل (28) التباين اللوني المريح والمساعد على الاستدلال في مركز EKH لطب الأطفال – المصدر:
www.archdaily.com

ت. **أنظمة اللافتات:** رغم الأشكال الجذابة للافتات الإرشادية والمناسبة للأطفال الصغار، إلا أنها لم تكن واضحة نسبياً بسبب صغر حجمها وارتفاعها الغير مناسب ببعض الأماكن، كمناطق الانتظار وعلى أبواب غرف العيادات. (الشكل 29)



الشكل (29) اللافتات الإرشادية في مركز EKH لطب للأطفال - المصدر: www.archdaily.com

ث. **المعالم المميزة في نقاط القراء:** يساهم انتشار الرسومات الفنية ضمن الأقسام في مساعدة الأطفال على إدراك الفراغ. كما أن وجود الدرج المتحرك والمنزلق الكبير في الهو الرئيسي يُشكّل نقطة علام مميزة في موقع استراتيجي، مما يساعد الطفل على الاستدلال.



الشكل (30) الرسومات الفنية ونقاط العلام في مركز EKH الصحي للأطفال - المصدر: www.archdaily.com

5-2 المثال الثاني: مركز عيادات "وايلدرميث بيل" للأطفال Children's Biel



Clinic Wildermeth الموقع: بيل - سويسرا، نوع المركز: مركز صحي شامل. المهندسون المعماريون: Bauzeit Architects عام البناء: 2008 وتقدير المساحة الإجمالية للمركز: 2845 m^2 . ويتألف من طابقين.

تأسس مركز "وايلدرميث" للأطفال كجزء من مجمع مشفى بيل المركزي، حيث جاء تطبيق تكاليف التشغيلية للمشفى ولتحسين جودة الخدمات الطبية للأطفال.

الشكل (31) مركز "وايلدرميث" بيل عيادات الأطفال - سويسرا - المصدر: www.bauzeit.com/de/project

بني المركز فوق مساحة مخصصة لموافق السيارات، مما استدعت استخدام الخرسانة المسلحة في بناء الطابق الأرضي فقط، بينما استخدمت الهياكل الفولاذية للطابق الأول لخفيف الأحمال على الإنشاءات التحتية للموافق. يمتاز التصميم بالانفتاح على الطبيعة المحيطة، كما أن موقعه ضمن منطقة هادئة يعزز تجربة الطفل المريض ويساعده على الاسترخاء.[24]



الشكل (33) مسقط الطابق الأرضي الأول لمركز "والدرميث"
لعيادات الأطفال - المصدر: www.archdaily.com

الشكل (32) مسقط الطابق الأرضي لمركز "والدرميث"
لعيادات الأطفال - المصدر: www.archdaily.com

أولاً: العناصر التصميمية الرئيسية الفاعلة في عملية الاستدلال:

أ. تحليل عناصر الحركة الأفقية (الممرات): تم تصميم ممرات المركز بخطوط منكسرة تُشكّل زوايا منفرجة بدلاً من الزوايا القائمة، مع تجنب الانعطافات الحادة التي تعيق الرؤية.

هذا التصميم يعزز الانفتاح البصري بين الأقسام، مما يسهل حركة الأطفال داخل المركز ويبتني لهم مجال رؤية أوسع (الشكل 34).



الشكل (34) تخطيط الممرات المفتوح وانعكاسه على الفراغات الداخلية في مركز "وايلدرميث" لعيادات الأطفال - المصدر:

بتحليل الباحث www.archdaily.com

ب. الفراغات العامة الداخلية (public/general areas) :



الشكل (35) الواجهة الخارجية من الحديقة لمركز "وايلدرميث" لعيادات الأطفال - المصدر: www.archello.com

المدخل الرئيسي: يتم الدخول إلى المركز عبر المدخل الرئيسي للمستشفى التابع له، حيث يمكن ملاحظة الشكل الخارجي (الشكل 35) للمركز من الطريق العام والحدائق المحيطة. هذا التصميم يسمح للأطفال بالتفاعل مع التكوين الخارجي للمركز، لكن عدم وجود مدخل منفصل واضح خاص به قد يؤثر على سهولة الوصول والتوجيه.

منطقة الانتظار: تتخذ مناطق الانتظار شكلًا مفتوحًا بصرياً، حيث تنتشر في جميع الأقسام والطوابق، مما يتيح سهولة الوصول والاستدلال المباشر إلى الفعاليات. هذا التوزيع يضمن انتظاراً مريحاً للأطفال وذويهم، مع الحفاظ على التواصل البصري بين الأجزاء المختلفة للمركز.



الشكل (36) مناطق الانتظار المنتشرة في الأقسام في مركز "وايلدرميث" لعيادات الأطفال - المصدر: www.archello.com

ت. عناصر الاتصال الشاقولي: يقع الدرج الرئيسي والمصاعد في منطقة المدخل، حيث يمكن رؤيتها والوصول إليها بسهولة مباشرةً عند الدخول.

ث. تقييم التصميم ببرنامج Depth map

تحليل المسقط الأفقي للطابق الأرضي: يظهر تحليل مخطط الاتصال والتكميل البصري أن التصميم المفتوح للمرات يحقق قيمة عالية من التكامل البصري والحيوي في النقاط الاستراتيجية للمركز، وهي: المصاعد، منطقة الاستقبال، والباثيو في قلب المركز. كما يوضح مخطط زوايا الرؤية قدرة الطفل على رؤية معظم الفراغات الداخلية حتى العمق цentral، مما يعزز إدراكه المكاني (الشكل 37).

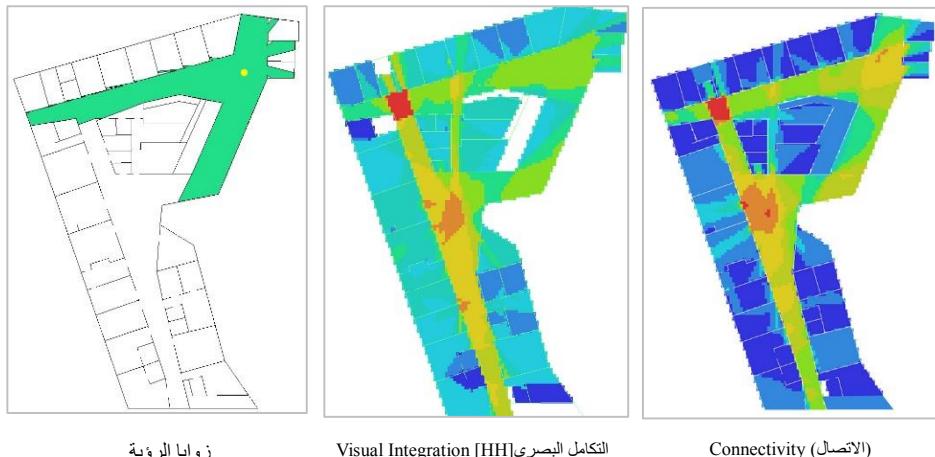


الشكل (37) مخططات الاتصال والتكميل البصري وزوايا الرؤية للطابق الأرضي لمركز "وايلدريث" لعيادات الأطفال
المصدر: إعداد الباحث ببرنامج Depth map

الجدول (3) التحليل الإحصائي الوصفي لمؤشر الاتصال والتكميل والعمق البصري في الطابق الأرضي لمركز وايلدريث
لطب الأطفال – المصدر: إعداد الباحث ببرنامج Depth map

Ground floor الطابق الأرضي	Average المتوسط	Count العدد	Standard Deviation الانحراف المعياري	Minimum الحد الأدنى	Maximum الحد الأعلى
Connectivity (الاتصال)	588.7	9620	497.2	21	2172
Visual Integration [HH] (التكامل البصري)	5.56	9620	1.56	3.05	10.65
Visual Mean Depth متوسط العمق البصري	1.89	190	0.295	1.39	2.74

أما في الطابق الأول، فيتركز أعلى قيم التكامل البصري في الممر المركزي، حيث يشكل نقطة التقاطع لأطول خطوط الرؤية، مما يمنه أعلى مستوى من الاتصال والاندماج البصري في المركز. (الشكل 38)



الشكل (38) مخططات الاتصال والتكامل البصري وزوايا الرؤية للطابق الأول لمركز "وبلدرميث" لعيادات الأطفال المصدر: إعداد الباحث ببرنامج Depth map

ثانياً: عناصر الإضافات المعمارية المساعدة:



الشكل (39) الإضاءة الطبيعية في الممرات لمركز "وبلدرميث" لعيادات الأطفال – المصدر: www.archello.com

أ. الإنارة: يتميز التصميم بتوفير إضاءة طبيعية للفراغات الحيوية مثل الممرات والبهو الرئيسي ومنطقة الدخول من خلال نهايات مفتوحة للممرات تسمح بدخول الضوء، بالإضافة إلى "باثيو" زجاجي مركزي ينشر أشعة الشمس في كامل المساحة، مما يخلق بيئة بصرية واضحة تساعد الأطفال على إدراك الفراغات والتوجيه بسهولة داخل المركز. (الشكل 39)

ب. استخدام الألوان للدلالة: إن لون الأرضيات والجدران متقارب في الدرجة اللونية، وهذا يؤدي



الشكل (40) تأثير الزجاج الملون في الفراغات الداخلية – المصدر:
www.archello.com

إلى تشتت الأطفال. وقد تم استخدام الزجاج الملون الذي يُضفي نوعاً من الإشراق للفراغات الداخلية، والذي يتغير لونه تبعاً لظروف الإضاءة الخارجية. (الشكل 40)

ت. أنظمة اللافتات: لا توجد لافتات إرشادية واضحة للأطفال أو الأهل، مما لا يساعد في التعرف على أسماء الأقسام أو الغرف. ويكتفي المركز بترقيم الأقسام فقط.

ث. المعالم المميزة في نقاط القراء:

بعد وجود عنصر "الباتيو" الزجاجي في البهو الرئيسي عاملاً مهماً في تعزيز إدراك الفراغ لدى الأطفال، حيث يتميز بموقعه ضمن المسقط الأفقي، ويدخل الانارة الطبيعية للفراغات الداخلية. كما يحتوي "الباتيو" على بعض الأعمال الفنية، إضافة إلى وجود اللوحات الفنية في نهاية المرات، مما يحفز الأطفال على الاستكشاف والاستدلال. (الشكل 41)



الشكل (41) العناصر المميزة في المناطق الاستراتيجية في مركز "وابيلرميث" الصحي للأطفال – المصدر:
www.archello.com

5-3 المثال الثالث: مركز سياتل لعيادات الأطفال الجنوبية Seattle Children's South Clinic:

الموقع: ضاحية سياتل – إيفرت – الولايات المتحدة، نوع المركز: مركز صحي شامل،
المهندسون المعماريون: ZGF Architect

عام البناء: 2015، بمساحة إجمالية: 3450 m^2 ومؤلف من طابق واحد بارتفاع 7 أمتار، ويضم اختصاصات طبية متعددة في مجال طب الأطفال والعلاج الفيزيائي.



الشكل (42) مركز سيائل لعيادات الأطفال الجنوبية -
المصدر: www.architectmagazine.com

بني مركز سيائل لطب الأطفال بهدف خدمة المنطقة الجنوبية في ضاحية سيائل في واشنطن، حيث تعتبر منطقة مكتظة بالسكان ومركزاً حيوياً يضم مجموعة من الشركات الطبية التي يرتادها الأسر والمرضى بشكل متكرر. وجاء إنشاؤه لتحفيظ الضغط على مستشفى سيائل للأطفال الموجود في نفس

المنطقة، والسماح له بالتركيز على الحالات الحادة التي تحتاج إلى مستوى عالٍ من التخصص.

قام المركز على إعادة استخدام متجر (Circuit City) المهجور وهو مركز بيع للإلكترونيات يوفر مساحة كبيرة تسمح بإنشاء مركز صحي فيها.



الشكل (43) المسقط الأفقي لمركز سيائل لعيادات الأطفال - المصدر: www.architectmagazine.com بتصرف الباحث

أولاً: العناصر التصميمية الرئيسية الفاعلة في عملية الاستدلال:

أ. تحليل عناصر الحركة الأفقية (المرات): أدى التخطيط المتعامد للمرات بهذه الطريقة إلى خلق تقاطعات متكررة لا تلتقي عند نقاط تجميع أو تفتح على بعو ثانوي. كما أن طول المرات الكبير يُشير إلى المسافات الطويلة التي يجب على الطفل قطعها للوصول إلى



الشكل (44) تخطيط المرات الطويلة وانعكاسه على الفراغات الداخلية لمركز سياتل لعيادات الأطفال - المصدر: www.architectmagazine.com بتحليل الباحث

وجهته. ويؤدي هذا التصميم إلى تشتيت انتباه الأطفال من مختلف الفئات العمرية، مما يعيق عملية الاستدلال المكاني لديهم. (الشكل 44)

ب. الفراغات العامة الداخلية (public/general areas):

المدخل الرئيسي: تشكل منطقة الدخول بتصميمها الملفت عنصر جذب للطفل، حيث تتميز الواجهة الرئيسية للمركز بمظلة دخول كبيرة مرتفعة على أعمدة تشبه الأقلام الملونة، وتعطي إيحاءً بالترحيب والطابع الودي، كما تساعد الطفل على تمييز المدخل بسهولة (الشكل 45).



الشكل (45) المدخل الرئيسي لمركز سياتل لعيادات الأطفال - المصدر: www.architectmagazine.com

مناطق الانتظار: تتنوع مناطق الانتظار في البهو العام منفصلة عن أقسام العيادات، مما



يتطلب قطع مسافات أطول للوصول إليها. وكان من الأفضل توزيعها في مختلف أنحاء المركز بالقرب من الأقسام العلاجية، لتوفير أماكن استراحة قريبة تسهل عملية الوصول (الشكل 46).

الشكل (46) منطقة الانتظار في مركز سيائل

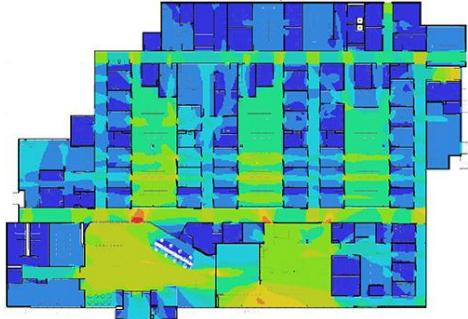
عيادات الأطفال - المصدر:

www.architectmagazine.com

ت. عناصر الاتصال الشاقولي:

يقتصر المركز على طابق واحد فقط، دون وجود أي عناصر اتصال شاقولي (مصاعد أو أدراج). واعتمد التصميم على الانتشار الأفقي، مما يؤدي بالضرورة إلى زيادة طول الممرات التي يتعين على الطفل قطعها.

ث. تقييم التصميم ببرنامج Depth map:



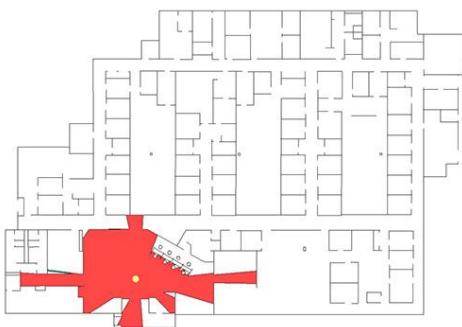
الشكل (47) مخططات الاتصال لمركز سيائل

عيادات الأطفال المصدر: إعداد الباحث ببرنامج

Depth map

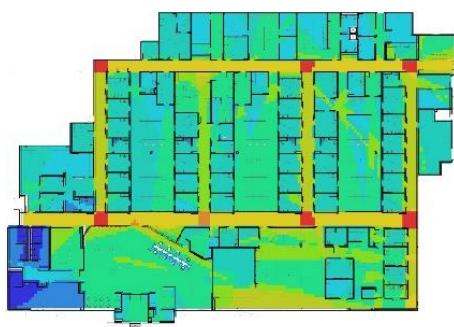
يظهر مخطط الاتصال أن أعلى قيم للاتصال البصري تتركز في البهو العام ومنطقة الأنشطة البدنية، بينما يقع فراغ اللعب في موقع معزول يصعب الاستدلال عليه مباشرة. كما تشكل الممرات أخفض قيم للاتصال البصري نتيجة التقطيعات والممرات المتعامدة والطويلة (الشكل 47).

ويبين مخطط التكامل أن نقاط الذروة تظهر عند تقطيعات الممرات، والتي بحاجة لمعالجة (الشكل 48). وتوضح مخططات زوايا الرؤية المجال البصري المتاح للطفل في التقطيعات الهامة، حيث يتضح أن الطفل سيمر بثلاثة تقطيعات ليصعد ممر العيادات، مما يشكل عائقاً للاستدلال. (الشكل 49)



الشكل (49) مخطط زوايا الرؤية في منطقة الدخول
لمركز سيائل لعيادات الأطفال المصدر: إعداد الباحث

برنامجه Depth map



الشكل (48) مخططات التكامل البصري لمركز سيائل
لعيادات الأطفال المصدر: إعداد الباحث ببرنامجه Depth map

مفهوم استدلال الطريق كأحد الاحتياجات النفسية في تصميم المراكز الصحية للأطفال

الجدول (4) التحليل الإحصائي الوصفي لمؤشر الاتصال والتكامل والعمق البصري في مركز سيائل لطب الأطفال –

المصدر: إعداد الباحث ببرنامج Depth map

Ground floor الطابق الأرضي	Average المتوسط	Count العدد	Standard Deviation الانحراف المعياري	Minimum الحد الأدنى	Maximum الحد الأعلى
Connectivity (الاتصال)	627.8	21384	487.4	21	2407
Visual Integration [HH] (التكامل البصري)	4	21384	0.88	2.0	7.5
Visual Mean Depth متوسط العمق البصري	2.96	1064	0.43	2.0	4.9

ثانياً: عناصر الإضافات المعمارية المساعدة:

أ. الإنارة: يتمتع البهو العام ومناطق الانتظار بإضاءة طبيعية، بينما تفتقر الممرات الداخلية إلى ضوء الشمس والاتصال بالخارج، وتعتمد كليةً على الإضاءة الكهربائية.

ب. استخدام الألوان للدلالة: تميزت الأقسام الطبية بتنوع ألوانها، حيث جاء تصميم الممرات في كل منها بلون معين (الأصفر، البرتقالي، الأخضر). وهذا توجيه مهم يساعد الطفل في الدلالة وإدراك الفراغات، ولا سيما الممرات باعتبارها طويلة (الشكل 50).



الشكل (50) ألوان الممرات لمركز سيائل لعيادات الأطفال – المصدر: www.architectmagazine.com

ت. استخدام أنظمة اللافتات: لا توجد لافتات إرشادية واضحة للأطفال أو الأهل، مما لا يساعد في التعرف على أسماء الأقسام أو الغرف. ويقتصر المركز على ترقيم الأقسام فقط.

ث. المعالم المميزة في نقاط القراء: لا توجد أي معالم مميزة تساعد في الاستدلال.

بعد الدراسة التحليلية للمراكز المختارة، يمكن تبويب خلاصة الدراسة من خلال تحديد نقاط الدراسة التحليلية بتقييم كل منها من حيث نسبة التحقيق، ليتم التوصل إلى تبيان أثر استدلال الطريق في تصميم المراكز الصحية للأطفال، والمقارنة بين المراكز من حيث تحقيق الاتصال والتكامل البصري في الفراغات العامة وفق مسطرة القياس الآتية:

			غير متحقق	متحقق جزئياً	متحقق	•
التقييم			المتطلبات	العناصر الفاعلة في عملية الاستدلال		
Seattle مركز	Wilderthemt مركز	EKH مركز		مسارات الحركة الأفقية	عناصر التصميم الرئيسية	الدخل
<input checked="" type="checkbox"/>	•	•	تصميم منحني أو مفتوح			
<input checked="" type="checkbox"/>	•	•	طول الممرات مناسب للطفل			
•	•	•	عرض مناسب			
<input checked="" type="checkbox"/>	•	•	معالجة التقاطعات			
•	•	•	خالية من البروزات والأثاث			
<input checked="" type="checkbox"/>	•	<input checked="" type="checkbox"/>	متصلة بمناظر خارجية			
<input checked="" type="checkbox"/>	•	•	تقييم جيد ببرنامج Depth map			
•	<input checked="" type="checkbox"/>	•	الوضوح			
•	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	تبان الألوان			
<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	•	الاستمرارية البصرية بين الداخل والخارج			
•	•	•	مرئي عند الدخول			
•	•	•	فصل عن مسارات الحركة			
•	•	•	تقييم جيد للموضع ببرنامج Depth map			
•	•	•	مساحة واسعة			
•	•	•	فصل عن مسارات الحركة			
<input checked="" type="checkbox"/>	•	•	توزيع الأركان ضمن الأقسام			
•	•	•	فرش يراعي الأطفال شكلًا ولواناً			
•	•	•	تقييم جيد ببرنامج Depth map			
	•	•	في أماكن استراتيجية			
	•	•	تقييم جيد للموضع ببرنامج Depth map			
<input checked="" type="checkbox"/>	•	<input checked="" type="checkbox"/>	طبيعة في الممرات			
•	•	•	طبيعة في مناطق الانتظار			
•	•	•	تكامل الإنارة الصناعية مع التصميم			
•	<input checked="" type="checkbox"/>	•	في الممرات			
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	في اللافتات الإرشادية			
•	<input type="radio"/>	•	في مناطق الانتظار			
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	•	أشكال مألوفة للأطفال			
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	بارتفاع وحجم مناسب			
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	بأماكن استراتيجية			
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	منحوتات أو تماثيل قريبة للطفل			
•	•	•	لوحات فنية			
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	•	ألعاب للطفل			

نتائج الدراسة التحليلية:

- 1- تنوّع شكل الفراغ وطبيعته في المراكز الصحية، فمنها أعتمدت على التكوين المنحني للسطح الداخلية والمرات كما في مركز "إيكاشاي" ومنها على التصميم المفتوح والمدمج مع مسارات الحركة كما في مركز "وايلدرميث". وأخرى على التخطيط المتعامد كما في مركز "سياتل".
- 2- ساهم التصميم المنحني والمفتوح للمرات في تخفيف تأثير طول المرات، كما في مركزي "إيكاشاي" و"وايلدرميث"، في حين أن التصميم المتعامد دون معالجة مناسبة للتقاطعات يؤدي إلى تشتت الأطفال، كما ظهر في مركز "سياتل".
- 3- عانت المرات من غياب الاتصال البصري مع البيئات الخارجية، رغم الحاجة الملحّة لهذا العنصر الإضافي لتفعيل التجربة السلبية الناجمة عن طول المرات بالنسبة للأطفال كما في مركز "سياتل".
- 4- حق التصميم المنحني والمفتوح للمرات أعلى مستويات الاتصال والتكامل البصري، مما سهل على الأطفال عمليات الاستكشاف والتقلّل، كما في مركزي "إيكاشاي" و"وايلدرميث".
- 5- أدى التوزيع الأفقي لعناصر المركز الصحي إلى خلق مرات طويلة أعادت عملية الاستدلال والوصول إلى الأقسام، مما نتج عنه قيم مرتفعة للعمق البصري وقيم متعددة لالاتصال والتكامل البصري، كما في مركز "سياتل".
- 6- حق التصميم المفتوح للمرات والفراغات العامة فيماً منخفضة لمتوسط العمق البصري، مما يدل على كونه الخيار الأمثل للأطفال من حيث سهولة الوصول إلى مختلف الفراغات، كما في مركز "وايلدرميث".
- 7- تميز تصميم المداخل بتشكيل معماري جذاب وألوان زاهية خلقت عنصر جذب بصري قوي مع استمرارية بصرية واضحة كما في مركزي "إيكاشاي" و"سياتل"، بينما افتقر مركز "وايلدرميث" إلى مدخل خاص به.
- 8- وضعت مكاتب الاستقبال الرئيسية في جميع المراكز بمواقع استراتيجية ضمن فهو العام، تتميز بقيم اتصال بصري عالية تساهم بشكل فعال في تسهيل عملية الاستدلال.

- 9- صممت مناطق الانتظار لتلبية حاجة الأطفال الصغار في الاحتواء من خلال التشكيل الفragي المنحني والفرش الذي يراعي شكله الطفل، مما يساعدهم في إدراك الفراغات كما في مركز "إيكاشاي".
- 10- أدى فصل مناطق الانتظار عن أقسام العيادات إلى تشتت الأطفال وإعاقة عملية الاستدلال، كما في مركز "سيائل"، في حين ساهم توزيع مناطق الانتظار ضمن الأقسام في تسهيل الوصول وتحسين الإدراك المكاني كما في مركز "إيكاشاي" و"وايلدرميث".
- 11- تميزت عناصر الاتصال الشاقولي بأهمية استراتيجية في جميع المراكز المدروسة، باستثناء مركز "سيائل" الذي اعتمد حلاً أفقياً في تصميمه مقتضاً على طابق واحد.
- 12- ساهمت الإضاءة الطبيعية في تعزيز التكامل الفragي وتحسين الإدراك البصري للأطفال في مركز "وايلدرميث"، في حين افتقرت المراكز الأخرى - وخاصة في ممراتها - إلى هذا التوجيه.
- 13- ساهم التصميم اللوني والرسومات الجدارية في الممرات بتسهيل عملية الاستدلال في جميع المراكز المدروسة، باستثناء مركز "وايلدرميث" الذي افتقر إلى هذا الأسلوب.
- 14- اقتصر استخدام نظام اللافتات الإرشادية على مركز "إيكاشاي" فقط، لكنها لم تتحقق الفعالية المطلوبة في الاستدلال البصري بسبب صغر حجمها وعدم وضوحها الكافي.
- 15- وظفت عناصر جذب حركية في موقع استراتيجية، أبرزها منزلق ضخم في البهو الرئيسي صمم لتحفيز التفاعل الحركي كما في مركز "إيكاشاي" ، بينما اعتمد مركز "وايلدرميث" على "بايثيو" زجاجي مركزي مزود بأعمال فنية جاذبة للأطفال ولوحات جدارية ملقة.

النتائج العامة:

- 1- يتحقق الاستدلال المكاني في المراكز الصحية للأطفال بنوعين رئيسيين من العناصر: عناصر التصميم الأساسية وعناصر الإضافات المعمارية، حيث يلعب كل منهما دوره في تعزيز إدراك الطفل أثناء عملية التنقل.

- 2- يجب توجيه التصميم ليؤكد على الخصائص التكوينية وال العلاقات البصرية للعناصر الفاعلة (الممرات والفراغات العامة)، كعامل مهمين على نظام الاستدلال للأطفال الأصغر سنًا، نظراً لقدرتها على التوجيه التلقائي يتناسب مع إدراك هذه الفئة العمرية.
- 3- تحويل التصميم التقليدي للممرات إلى مسارات منحنية أو مفتوحة تدمج الأقسام معاً، وتحقق أقصى قدر من الاتصال والتكامل البصري، لضمان استدلال مريح يعزز الاحتياج النفسي للطفل.
- 4- إن التصميم المنحني لمسارات الحركة مع نظام لوني متسق ورسومات فصصية متسلسلة على جدران الممرات يعزز الحس الاستكشافي عند الأطفال ويسهل قدرتهم على الاستدلال المكاني.
- 5- يجب تضمين عناصر الإضافات المعمارية، كالمعلم المميزة عند التقاطعات وربطها بمناظر خارجية عند التعامل مع التصميم المتعامد ذو الممرات الطويلة مما يخفف سلبيات التصميم ويسهل ملائمة للفئات العمرية الصغيرة.
- 6- توجيه التصميم نحو الانتشار الطابقي لفراغات المركز - مع تصميم أدراج ومصاعد يسهل رؤيتها - يحقق وصولاً أسهلاً وأسرع للأطفال، ويقلل من قيم العمق البصري الناتجة عن التوزيع الأفقي لعناصر المركز.
- 7- ضرورة دمج مناطق الانتظار مع الفراغات العامة باستخدام أثاث بتصميم دائري أو متدرجة أو متدرجة لونياً لتعزيز قدرة الأطفال على تمييز مناطق التوقف والتجمع والتقلل بشكل سلس ضمن المركز.
- 8- إن التصميم المفتوح نحو الخارج، والذي يؤمن فراغات مضاءة طبيعياً ومرتبطة بصرياً ببيئات خارجية، يعزز الاستدلال الطرقي للأطفال في الفراغات العامة والممرات.
- 9- ضرورة تضمين أنواع الموضوعات واللاقات الإرشادية الأقرب للمواضيع الخيالية لاستقطاب أكبر للأطفال الأصغر سنًا، واستغلالها في الممرات الطويلة المشتتة للأطفال.
- 10- يجب تبني أنظمة استدلال متدرجة متعددة الحواس وقابلة للتعديل، متناسبة مع خصائص كل فئة عمرية لضمان تجربة استدلال فعالة لجميع الأطفال.

النوصيات:

- 1- يوصي البحث للجهات الحكومية المعنية بأهمية إنشاء مراكز صحية محلية أولية متخصصة للأطفال تأخذ بعين الاعتبار احتياجاتهم المادية والنفسية وألا تكون مجرد مكان يخشى الطفل زيارته بل تساعد في التغلب على مرضه وتحسين تجربته العلاجية.
- 2- يوصي البحث للمهندسين والمصممين بالاستعانة بالتطبيقات الحاسوبية المختلفة التي تساعد المصمم بفهم علاقة الفراغات مع بعضها البعض في مراحل التصميم المبكرة والتي يمكن من خلالها الوصول لحلول تصميمية ناجحة وخاصة عندما يتعلق الأمر بالتصميم للأطفال.
- 3- يوصي البحث للباحثين بإجراء المزيد من الدراسات المتعلقة بالاحتياجات الإنسانية للأطفال في بيئة المنشآت الصحية وذلك لأهميتها في تغيير نظرتهم وتعزيز تجربتهم في هذا النوع من المباني.

المراجع:

- 1- Department of Health, 2009-**Health Building Note 11-01: Facilities for primary and community care services.** Estates & Facilities Division, Strategic Asset Management - Primary Care, England.
- 2- SHEKHO, N 2022-**The role of circulation and communication space in forming mental image of hospital buildings and the ease of movement inside-Latakia City Hospitals.** (Master Thesis), Latakia University, Syria, In Arabic.
- 3- Department of Health, 2013-**Health Building Note 00-04: circulation and communication spaces.** England.
- 4- HILLIER, B 1984-**The social logic of space.** Cambridge, University Press. London
- 5- HANSON, J, HILLIER, B 1987-**The Architecture of Community: Some New Proposals on the Spatial**

Consequences of Architectural and Planning Decisions

Comport, Architecture and Behaviour.

- 6- ALKARBAJI, A 2009-Characteristics of the spatial and visual organization of the components of the university of mosul campus. Al-Rafidain Engineering Journal, Vol.17 No.4. In Arabic.
- 7- HILLIER, B 2004-Space is the machine: A Configurational Theory of Architecture. Cambridge University Press. London.
- 8- PINELLO, J, TURNER, A 2010-Introduction to UCL Depthmap 10. University College London, London.
- 9- PINHAO, C 2016-CHILDREN'S HOSPITALS The role of architecture in children's recovery and development. (Master Thesis), Tecnico lisboa university, Portugal.
- 10-HOUSSIEN, Y 2011-The Interior Architecture of Children's Hospital. (Master Thesis), Helwan University, Egypt. In Arabic.
- 11-ALHEJAZY, M 2017-Kindergarten child psychology. Dar Al-Kotob Al Ilmiyah, 2nd Edition Lebanon, 240p. In Arabic.
- 12-HAMED, Z 2005-Developmental Psychology Childhood and Adolescence. Alam Al Kotob,497p. In Arabic.
- 13-ABDALLA, N 2022- The Role of Architectural Treatments in the Efficiency of Children Development Spaces in Syria. (Master Thesis), Latakia University, Syria. In Arabic.
- 14- Ministry of Health, NSW, 2014-Wayfinding for Healthcare Facilities. Australia.
- 15-RASHDAN, W 2005-Design and technological standards for the interior design of specialized hospitals. (PhD Thesis), Helwan University, Egypt. In Arabic.
- 16-DALKE, H 2004- Lighting and Color for hospital design. TSO (The Stationery Office) – London South Bank University, London.

17-ALKASSIR, M 2020-**The buildings of mental health facilities and their suitability to the standards and modern techniques in Syria.** (Master Thesis), Homs University, Syria. In Arabic.

18-FRANCIS, C 2007- **Architecture form, space, and order.** USA. Third edition.

19-YAZAJI, S 2013-**Architectural treatments for interior space in Children's hospital environments.** (Master Thesis), Homs University, Syria. In Arabic.

الموقع الإلكترونية:

20-<https://www.pregnancybirthbaby.org.au/child-health-centres>

21-<http://www.spacesyntax.net>

22-<https://healthynewbornnetwork.org/ar/resource/2018/standards-for-improving-the-quality-of-care-for-children-and-young-adolescents-in-health-facilities>

23-<https://awards.re-thinkingthefuture.com/ekh-children-hospital-by-if-integrated-field/>

24-www.bauzeit.com/de/project

25-www.architecturalrecord.com