المجلة الدولية للهندسة وتقنية المعلومات
journal homepage:www.ijeit.misuratau.edu.ly

قياس التشكل المكاني (spatial morphology) للتعقيد الهيكلي لأنماط الشبكات المكانية الحضرية

د. فوزي محمد علي عقيل
جامعة المرقب، قسم الهندسة المعمارية ، الخمس، ليبيا
fawzi6664@gmail.com

د. حمزة محمد ابوبكر الخازمي
جامعة المرقب، قسم الهندسة المعمارية ، القربوللي، ليبيا
hammtmh@gmail.com

د. عمر علي الأمين
جامعة المرقب، قسم الهندسة المعمارية ، الخمس، ليبيا
Omar3228570@gmail.com

د. عياد عبد الله ابورويص
كلية التقنية الهندسية، قسم العمارة، مسلاته ، ليبيا
aburwaisayad@gmail.com

الملخص— **تعددت أشكال و أنواع التحليل المكاني للظواهر المختلفة وعلاقاتها ببعضها البعض لتتفاوت المعلومات حسب درجة القياس المستخدمة وطرق التعامل مع المعلومات إحصائيا . صمم المعماري Bill Hillier في بداية الثمانينات نظرية التركيب المكاني لمساعدة المهندسين المعماريين على تحليل البيئات المبنية والمباني المختلفة لإيجاد التأثيرات الاجتماعية على تصاميمهم ولمعرفة أداء الفراغ العمراني القائم و بالرغم من أن النظرية وجدت في الأصل لدراسة الفراغ العمراني إلى أنها تطورت خلال سنوات قليلة لتشمل عدد من المجالات كقياس الفراغات الداخلية للمشاريع الكبرى وللأغراض البحثية العمرانية والتحاليل الحضرية المكانية للعمران والدراسات الجغرافية والآثار ودراسات الجريمة في المخطط والتدفقات والكثير من المجالات الأخرى. ركزت هذه الورقة على إبراز دور هذه النظرية و أدواتها في التحليل الحضري والمكاني خاصة و لأنها لا تجد الكثير من الانتشار في وطننا العربي عدا القليل من الدول وشبه انعدامها في ليبيا لذلك فان الورقة ستتناول التعريف بالنظرية ومجالاتها والتركيز على التعريف بها ودورها في الدراسات المكانية للشبكات الحضرية. لقد عملت هذه الورقة على تقديم المعنى المنفصل والمتصل والمتكامل لمصطلحات التشكل الحضري والتي لم تكن متاحة قبل هذه النظرية وتطبيقاتها للمدن والتشكل الحضري وهي نظرية (Space Syntax) و تطبيقاتها ، لان القاعدة الرياضية للتحليل لهذه النظرية تعطي تكهنا حول المدن والعلاقة الداخلية لشبكتها الحضرية والتي تم تصورها بين العلوم الثابتة والديناميكية تحت منظور التعقيد. فالمدن هي في النهاية ناتج السلوك البشري والذي قد يكون فهمه اختزاليًا إذا تم تأطيره فقط ضمن حدود "رياضية وحسابية " صارمة.**

الكلمات المفتاحية: **التحليل المكاني ، التركيب المكاني ، البيئات المبنية ، الفراغ العمراني ، التشكيل المكاني .**

1. المقدمة

بالرغم من أن نظم المعلومات الجغرافية GIS تتميز بقدرتها على التحليل المكاني أكثر من أي معالج آخر للمعلومات المكانية ومع ذلك فمن المعروف على نطاق كبير أن نظم المعلومات الجغرافية GIS لا تزال بحاجة إلى دعم من طرق التحليل الجديدة لتحقيق إمكانيات اكبر كأداة للأغراض العامة للتخطيط البيئي والحضري [1].لقد بُذل الكثير من الجهد في تطوير نظريات وطرق تحليل البيانات الحضرية المكانية(Spatial Urban Data Analysis) (SUDA) من أجل فهم أفضل للظواهر الواقعية [2] وقد طورت الأبحاث الحديثة في SUDA العديد من التقنيات التحليلية المعقدة لدراسة الأنماط والعمليات المكانية. قدمت نظرية Space Syntaxدعما حسابيا و رياضيا هاما لتطوير الدراسات المورفولوجية المكانية خاصة تحليل النظم والشبكات الحضرية [3]. وقد استخدمت على نطاق واسع لفهم المشاة [4] ، والجريمة في المخططات [5] و النقل والمرور [6]. توفر Space Syntax وصفًا تكوينيًا للبنية الحضرية ، وتحاول شرح السلوك البشري والأنشطة الاجتماعية من وجهة نظر التكوين المكاني. تتعلق معظم دراسات Space Syntax بقضايا الأنماط الحضرية والدراسات على نطاق التصميم والهندسة الحضرية.

من وجهة نظر الباحث وخلفيته المعمارية والتخطيطية Space Syntax يمكن أن توفر رؤية بديلة ونموذجًا للفراغ لتمثيل الأنظمة والشبكات الحضرية. ويمكن أيضا دمج Space Syntax في نظم المعلومات الجغرافية الأمر الذي من شأنه أن يحفز البحوث المهتمة بتحليل الأنظمة الحضرية. وكما هو معروف مثلما يوفر GIS مجموعة غنية من إمكانيات تكامل البيانات المكانية وتحليلها وتصورها والتي تدعم الدراسات الحضرية فانه ايضا يمكن للمبادئ التي تؤكد على Space Syntax ان تقدم حزمة من القياسات والعلاقات المهمة للشبكات الحضرية والتي تستند على حسابات رياضية معقدة ونتائج دقيقة لعلاقات مهمة بين فراغات الشبكة الحضرية .

بالعودة إلى الماضي وإذا فكرنا في قواعد الهندسية الصارمة المستخدمة في الصين القديمة لتصميم المدن الجديدة ونموها (المدن المخططة لحضارة هارابان حوالي 2150 قبل الميلاد وهي أقدم تخطيط حضري معروف على شكل شبكة حديدية مثل (هارابا و كاليبانغان و لوثال و موهينجو دارو) وأيضا تخطيط المدن المصرية القديمة على سبيل المثال(تل العمارنة ، 1346 قبل الميلاد وكاهون1853 قبل الميلاد) أيضا هيبوداميان من الإغريق القدماء (بدأ بخطة إعادة بناء ميليتس 479 قبل الميلاد) أو مؤخرًا شبكة المستعمرات الأوروبية وتماثلات عصر النهضة والنظام والعقلانية المثالية والهندسة الباروكية الفخمة . مع ذلك ، فإن الطرق الرياضية للأشكال الحضرية في الأزمنة المعاصرة ليست موجهة كثيرًا نحو الأمثلة القديمة المذكورة أعلاه والتي قد نعرّفها بشكل أفضل على أنها تخطيط من أعلى إلى أسفل للنماذج بدلاً من علم المدن الذي نعرفه اليوم . هذا الأخير أكثر توجهاً نحو البحث التحليلي مثل (بحث جيفري ويست) عن القوانين العالمية ، وفي فهم الظواهر مثل (بحث مايكل باتي) للعمليات التي تتعامل مع ظهور الظواهر الحضرية المختلفة كأشكال والتي يتم التعامل معها كتعبير مادي. يجب فهم سلوكياتنا في إطار علم التعقيد بمساعدة الفيزياء الإحصائية والحسابات والقياس والنمذجة وقد اتاح التوافر للبيانات المصنفة نتيجة لتحسين قدرة الكمبيوتر والأدوات الرياضية إدخالًا مناسبًا لنموذج التعقيد في دراسة المدن والتصميم الحضري والمورفولوجيا الحضرية (التشكل الحضري) و من بين العديد من الأمثلة هو النمذجة القائمة على العوامل المتعددة والعناصر الاقتصادية السلوكية التي تعمل كنظرية والتي وصفتها ميلاني ميتشل في كتابها المقروء بطريقة رائعة و جيدة للتعبير عن أهمية الربط بين القديم والحديث في علوم المدن وتخطيطها و كلما زادت النظرية أو المبادئ زاد الشك لديك لتوفر حقائق متناقضة وعلى العكس من ذلك كلما كانت الحقائق المتناقضة أكثر إقناعًا كلما احتجت الى أن تكون أكثر شكًا في مبادئك المفترضة. هذه هي طبيعة العلم دورة لا نهاية لها من الاختبار والشك [7].

أن توسع قدرات النمذجة من حيث نشر التطورات الحديثة في تحليل النظم الحضرية لم تكن ممكنة قبل (Space Syntax) [8] . فالسلوك البشري شئ معقد للغاية ويتأثر بمجموعة واسعة من العوامل التي تجعل أي ادعاء غير محسوب رياضيا يقدم تنبؤًا دقيقًا غير واقعي . لكن الوجه الآخر والذي قدمته نظرية (Space Syntax) هو القياس الكمي والنمذجة الرياضية وهي وسائل مكنت من اكتشاف المسارات الكلية التي يمكن التنبؤ بها جزئيًا لسلوكياتنا والتي لا يمكن قراءتها بخلاف ذلك وحتى

استلمت الورقة بالكامل في 15 اكتوبر 2021 وروجعت في 5 نوفمبر 2021 وقبلت للنشر في 7 نوفمبر 2021،

ونشرت ومتاحة على الشبكة العنكبوتية في 20 نوفمبر 2021.

لو لم تكن حتمية فإن بعض المسارات أكثر احتمالية من غيرها لان لغة الرياضيات تساعد على رؤية هذه المسارات و تحديد هذه الاحتمالات.[9] في هذه الورقة يتم وصف نظرية التركيب الفراغي او كما يحلو للبعض تسميتها نظرية بناء جملة الفراغ Space Syntax وهي الطريقة التكوينية الحديثة للدراسات المورفولوجية الحضرية التي تُظهر بعض أوجه التشابه المفاهيمية مع تحليل شبكة علم الاجتماع الهيكلي. ويتم وصف المفاهيم والأساليب و القياسات الأساسية لهذه الطريقة التكوينية مع التركيز على تحليلات الخرائط المحورية وهي الطريقة الأكثر استخدامًا في نظرية بناء الجملة الفراغية المتعلقة بالدراسات المورفولوجية الحضرية. وقد تطورت هذه النظرية نتيجة ما يستخدم من تطبيقات وبرامج تحليلية واكبت التطورات الرياضية الحديثة لطرق ومقاييس بناء الجملة في الفراغ و تتضمن هذه التطورات الرياضية تقنيات تطبيع مختلفة للتكامل integration والاختيار choice وهما أهم مقياسين لبناء الجملة في الفراغ كما ان هناك توضيحات مختلفة حول العلاقات بين المقاييس المترية والهندسية والطوبولوجية للخرائط المحورية و الخصائص الشاملة والمحلية المختلفة .

2. الهدف من البحث

الهدف من هذه الورقة هو تقديم المنظور الحسابي والمعرفي لمبادئ بناء الجملة الفضائية و مجالات التطبيق لبناء الجملة في علم التخطيط الحضري والتحليل الحضري المكاني.

3. منهجية البحث

لقد اعتمدت الدراسة على المنهج التحليلي والذي تمثل في تطبيق النظرية وبواسطة إحدى تطبيقاتها Depthmap program على عينة محلية وتحليل بياناتها واستقرائها وفقاً لأهميتها في مجال التشكل المكاني.

4. *قياس التشكل الحضري measuring urban morphology*

عبارة "قياس التشكل الحضري" تحتوي ثلاث مصطلحات: اولا القياس وهو (إنتاج القياسات المختلفة) و هو ميعرف بالرياضيات وهي من اليونانية (μαθημα ´ máth¯ema) و تعني في الأصل "المعرفة والدراسة والتعلم" و من بين العديد من التعريفات يتم تعريفها في الوقت الحاضر في الغالب على أنها علم العدد والكمية والفراغ ، كمفاهيم مجردة أو كما يتم تطبيقها على تخصصات أخرى. ثانيا الحضري وهي كل مايهتم بالحضر او المدن وترتبط كلمة "Urban" بالكلمة اللاتينية urbs المستخدمة للإشارة إلى الطبيعة المادية للمدينة كمجموعة من الهياكل المبنية. وثالثا التشكيل و التي تكون معانيها الفردية كما يلي: "مورفولوجيا" مبنية من اللاحقة (logy) "لوجي" وهي من اليونانية القديمة (λογια´) و تعني "دراسة" ومورفو(morpho) تعني التشكل وهي تنطوي في جوهرها على مكون كمي ، حيث يتم تعريفها (الدراسة العلمية لهيكل وشكل كذا) حيث تم إدخال مصطلح "علمي" للدلالة على المنهج العلمي الذي تم إدخاله في القرن السابع عشر في العلوم الطبيعية "التي تتكون من المراقبة والقياس والتجربة المنهجية [10] . و المعاني التي تنشأ عند تجميع هذه المصطلحات معًا (القياس والذي تمثله الرياضيات والحضر والتشكل لتعطينا معنى "التشكل الحضري" (Urban Morphology) هو يعني دراسة الشكل الحضري و يتعلق الأمر بحجم وشكل وهيكل التجمعات الحضرية و تعرف الجمعية الأمريكية للتخطيط العمراني التشكل الحضري على أنه فهم "للبنية المكانية وطبيعة منطقة حضرية من خلال فحص وقياس أنماطها وعملية تطورها" باعتبارها معنية بشكل وبنية المدن و التجمعات الحضرية والطريقة التي تنمو بها وتتغير وخصائصها وبالتالي باعتبارها (أنماط هيكل حضري بناءً على طريقة ترتيب الأنشطة فيما يتعلق بمواقعها) ولابد لنا هنا من التأكيد على كيفية ارتباط التشكل الحضري ، باعتباره أنماطًا "فيزيائية" للبنية الحضرية و الأنشطة التي تتكون منها و تعطينا القياسات الرياضية للتشكل الحضري مقدار اكبر من "الكمية" في دراسة الشكل الحضري: واحدة من الدراسة العلمية الجوهرية في مصطلح علم التشكل والتي تستند على القياس والرياضيات هو ما اشرنا له في بداية هذه المقدمة وهو ما تمثل في نظرية (Space Syntax) او (نظرية التركيب المكاني) او (نظرية تركيب جملة الفراغ).

5. المورفولوجيا الحضرية

هو علم التشكل الحضري وهو مجال صغير نسبيًا لكنه أصبح ، أكثر أهمية ومتعدد التخصصات [10] والهدف من دراسته هو المساهمة في فهمنا للبيئة المبنية ككائن مادي معقد لا ينفصل عن التأثيرات الثقافية والاجتماعية التي اثرت في تكوينه [11] . الفهم الأفضل للأشكال الحضرية بمساعدة التدابير والنماذج والتحليلات الرياضية يساعد على تحقيق نتائج فعالة لاتخاذ قرارات صائبة بشأن قضايا الشكل الحضري والتي تعد من بين الاحتياجات المهمة جدا والتي لها آثار طويلة الأمد. نتيجة للمحاولات الحثيثة لشرح الاستمرارية الهيكلية للمدن لتفسير تطور المدن و بعد فشل الحركة الحديثة تمكن بعض المعماريين (فيتش ، غارفان ، لويس ، مايز ، وايت هيل ، كينيدي) ، من تحقيق بعض التقدم المبكر في دراسة الأشكال الحضرية .[12] وقد كان من اشهرهم منظروا المنظور الأنثروبولوجي (لينش ، جاكوبس ، ألكساندر) الذي كان اهتمامه هو مراقبة ما ينجح بالفعل في المدن الحقيقية و الذي زرع هذا المنظور بذور أسلوب يعتمد على القياس الرياضي لتقدير التشكل الحضري الكمي [13] ، وقد كان الإسكندر من بين أول من حاول إدخال الرياضيات الرسمية إلى موضوع التصميم.

6. نظرية التركيب المكاني (بناء جملة الفراغ) space syntax

كان بيل هيلير (1937-2019) رائدًا في التركيب الفراغي. سمحت مساهمته في فهم البيئة المبنية من خلال طريقة تشغيلية لتحليل العلاقات المكانية بين الكائنات المبنية بمعرفة جديدة دقيقة حول العلاقة بين الفراغ والمجتمع. على عكس التقنيات الأخرى لتحليل الفراغ ، فإنه يجمع بين العوامل الملموسة (الحركة واستخدام الأرض) مع العوامل غير الملموسة (الإدراك والسلوك). في الوقت الحاضر ، يتم تطبيق بناء الجملة الفضائية في جميع أنحاء العالم في البحث والممارسة. يوفر بناء الجملة المكاني الدقة مع الإشارة إلى المفاهيم المكانية والتقنيات التحليلية المختلفة التي تسهل وصف السمات المكانية لمدينة. تعتمد نظرية التركيب الفراغي على أربعة جوانب: أولاً ، يتم تقديم تعريف موجز للفضاء والعناصر المكانية المستخدمة في التحليل [16]. ثانيًا ، يتكون بناء الجملة المكاني من مجموعة من التقنيات التحليلية لحساب العلاقات البينية المكانية في البيئة المبنية. من خلال تطبيق الرياضيات على العلاقات المكانية للبيئة المبنية ، تم اكتشاف ظواهر جديدة تتطلب تنقيح المفاهيم والمصطلحات الجديدة. ثالثًا ، يوفر بناء الجملة المكاني مجموعة من التقنيات لربط نتائج التحليلات المكانية بالبيانات الاجتماعية والاقتصادية المختلفة. ورابعًا ، من خلال البحث المنهجي ، يتكون بناء الجملة المكاني من مجموعة من النظريات حول العلاقات بين الفراغ والعلاقات المكانية والمجتمع [17] تعتبر نظرية التركيب المكاني (space syntax) أداة دقيقة لتحليل كيف تؤثر الفراغات على التنمية البشرية من خلال قياس التكوين المكاني (spatial) configuration [18]. تركز النظرية على العلاقة الطوبولوجية للفراغات بما في ذلك الترابطية بين الفراغات والتفاعلية وليس المسافات الطبيعية. في دراسة التركيب الفراغي تتمثل المنهجية الأساسية في تقسيم المساحة حسب الحجم والقدرة البصرية البشرية ومن هذه النقطة ينقسم الفراغ إلى مساحة واسعة النطاق وقليلة الحجم[19] . إن مقياس المساحة الواسعة مثل المدينة الكاملة تتعدى القدرة البصرية للإنسان ولا يمكن رؤيتها من وجهة نظر فردية في حين ان مساحة صغيرة الحجم مثل جزء من حجرة هي اكبر من حجم الإنسان إلا انه يمكنه فهمها بشكل أسرع ومميز [20] . يمكن دراسة الفراغات الواسعة من خلال تقسيمها إلى عدد محدود من الفراغات، وقد اقترحت نظرية التركيب الفراغي لأول مرة بواسطة (Hanson & Hillier) في كتاب المنطق الاجتماعي للفراغ (Social logic of space) بان يقوم بتحليل فراغات حرة مقسمة إلى أجزاء صغيرة الحجم ليكون كل جزء واضحا من نقطة مراقبة منفصلة. [21] لقد تم تطوير تقنيات نظرية التركيب الفراغي بغرض البحث في العلاقة بين الفراغ والسلوك البشري حيث يوفر الفراغ الشروط المادية اللازمة للعلاقات الاجتماعية ، وتستخدم بنية الفراغ كمنهجية لقياس إمكانية الوصول النسبي لاماكن أفضل في إطار مكاني عن طريق تقسيمها إلى "فراغات مستقلة ولكن مرتبطة" [22] . وتتبنى هذه النظرية هذا النهج

لدراسة إلى أي مدى تتشابه السمات المكانية والاجتماعية للفراغات ، وهي تدقق في الخصائص الطوبولوجية للمجموعة الحضرية التي تتضح من شبكات الشوارع الحضرية. تمكّننا نظرية وطريقة بناء الجملة الخاصة ببيل هيليير من وصف الخصائص المكانية للمدينة وقد أكد الاختبار التجريبي لطريقة بناء الجملة المكانية بمرور الوقت على القدرة والابتكار في تحليل العلاقات المكانية بهدف فهم وشرح التشكل المكاني للشبكات الحضرية والتنظيم الاجتماعي المكاني للبيئات المبنية.

1.6 . بناء جملة الفراغ: المفاهيم والأساليب والتدابير القياسية

منذ السبعينيات استخدمت مجموعة كبيرة من الأبحاث طريقة "بناء الجملة المكاني" لدراسة مورفولوجيا المدينة المادية وعلاقاتها بالمدينة

الوظيفية. يشتمل بناء جملة الفراغ ، الذي طوره بيل هيليير وزملاؤه ، على مجموعة من النظريات والأساليب والتقنيات التي تستخدم الفراغ المادي كفئة وصفية مركزية للمجتمع (للمقدمة النظرية والمنهجية المبكرة لتركيب الفراغ [14] [15] و على الرغم من تطويرها بشكل مستقل ، فإن الأسس التحليلية لبناء جملة الفراغ تشبه إلى حد ما تلك الخاصة بتحليل الشبكة الاجتماعية لعلم الاجتماع الهيكلي. في حين أن بناء الجملة المكاني يدرس شبكات الفراغات المادية كما هو موضح في خطة بيئة معينة ويدرس علم الاجتماع الهيكلي شبكات الناس في المجتمع ، ومع ذلك يستخدم كلاهما مقاييس قابلة للمقارنة لتحديد خصائص الشبكة . تعتمد فائدة نظريات وتقنيات بناء الجملة في الدراسات حول العلاقات بين المدينة المادية والمدينة الوظيفية على التماثل الذي يشير إلى أن مركزية الوحدة المكانية في شبكة الفراغات قد تشير إلى درجة وصول الوحدة إلى أخرى أو السيطرة عليها ضمن الفراغات في الشبكة كما قد تشير مركزية الفرد في الشبكة الاجتماعية إلى درجة وصول الفرد إلى الأفراد الآخرين في الشبكة أو التحكم بهم. في السنوات الأخيرة تم استخدام تقنيات تحليل الشبكة لدراسة مجموعة واسعة من الظواهر الاجتماعية وعادةً ما كانوا يستخدمون مقاييس نظرية الرسم البياني المختلفة التي تصف كيفية ارتباط وحدات الشبكة ببعضها البعض وبالكل. يمكن أن تكون هذه العلاقات أحادية الاتجاه او ثنائية الاتجاه بحيث يكون التأثير متبادل. في الشبكات الاجتماعية يمكن أن تحتوي هذه العلاقات على محتويات مختلفة بناءً على الأعمال التجارية والصداقة والتأليف والبريد الإلكتروني والاستشهاد والعديد من أشكال الشبكات الأخرى التي غالبًا ما توجد في المجتمع. وبالمثل في الشبكات المكانية يمكن أن تحتوي علاقات الفراغات على محتويات مختلفة بناءً على التجاوروالتقسيم الفرعي والتداخل والتقاطع والجوار والنفاذية ، والتي يتم تضمينها بشكل عام في دراسات بناء الجملة الفراغية كتكوينات مختلفة للشبكات المكانية.

في نظرية بناء جملة الفراغ غالبًا ما يستخدم مصطلح "التكوين" ليعكس حقيقة أنه في حين أن شبكة الفراغات كما هو موضح في تخطيط البيئة تمثل جميع الطرق الممكنة لكيفية ارتباط الوحدات المكانية ببعضها البعض فإن التكوين يمثل حالة الشبكة التي تصف العلاقات من نوع ما بين الوحدات المكانية الفردية. لذلك قد يكون التكوين الذي يصف الجوار مختلفًا تمامًا عن ذلك الذي يصف نفاذية الوحدات المكانية للتخطيط وبالمثل قد يختلف تكوين العلاقات الموزونة اختلافًا كبيرًا عن تكوين العلاقات غير الموزونة للوحدات المكانية للتخطيط. بطبيعة الحال ، معنى ذلك انه يمكن لشبكة من الفراغات في التخطيط أن يكون لها تكوينات متعددة اعتمادًا على العلاقات التي يتم استكشافها. في الواقع و يقتصر عدد التكوينات المختلفة للتخطيط فقط على الطريقة التي يريد المرء أن يصف بها التخطيط مع مراعاة العلاقات المهمة. تفترض نظرية التركيب الفراغي أن تكوين تخطيط البيئة عند تعريفه باستخدام وحدات مكانية معينة ذات مغزى إدراكي يمكن أن يحمل معنى اجتماعيًا فعلى سبيل المثال قد يكون التكوين المحدد باستخدام الخطوط أو المقاطع مهمًا لأن الإنسان يميل إلى التحرك في خطوط مستقيمة وعلى طول الطرق مع تغييرات قليلة في الاتجاهات لتقليل الجهد والوقت زيادة الاقتصاد في الحركة، أيضا قد يكون تكوين الفراغات المحدبة convex مهمًا لأسباب وظيفية وكذلك اجتماعية فعلى سبيل المثال ، يعمل التفاعل وجهًا لوجه بشكل أفضل عندما يتمكن كل فرد في المجموعة من رؤية بعضهم البعض في فراغ او مساحة معينة و يشعر الناس بالأمان في فراغ محدب حيث لا يوجد شيء مخفي عن الأنظار والأهم من ذلك هو أن العلاقات المكانية المختلفة يمكن وصفها ومقارنتها بسهولة عندما يتم تقسيم البيئة كفراغات محدبة وبالمثل يعد تكوين الحقول المرئية أمرًا مهمًا لأن الكائنات غالبًا ما يتم تجميعها بناءً على كيفية رؤيتها من مواقع مختلفة ويطور الأشخاص وعيهم ببعضهم البعض بناءً على من يرى من لذلك فإن افتراض نظرية التركيب الفراغي بأن الفراغ يحتوي على معنى اجتماعي عبر الإسناد البشري قد ثبت أنه صحيح من خلال العديد من الدراسات التي تستخدم أساليب وتدابير نظرية بناء الجملة او التركيب المكاني . تفترض نظرية التركيب الفراغي أيضًا أن الشبكة المكانية للبيئة يمكن وصفها على أنها تكوينات مختلفة للأغراض التحليلية ، لكن هذه التكوينات تتعايش في الواقع الاجتماعي ، كما يكتب هيليير (العملية التي تنتجها الفراغات) ، لذلك فإن جزءًا أساسيًا من التنشئة الاجتماعية هو تعلم كيفية إدراك المزايا والخصائص البيئية . يدخل البشر في الممارسات المشتركة لمجتمعهم ولديهم القدرة على تعديلها بمرور الوقت لخدمة أغراضهم بشكل أفضل . في حين أن اهتماماتنا بالهياكل الدائمة التكوين نسبيًا للبيئة أي المدينة المادية كانت طويلة الأمد في مجال التشكل الحضري فإن اهتمامات بناء الجملة الفراغية في "الهيكلة الناشئة" هياكل البيئة التي توفرالامتيازات هي ظاهرة جديدة نسبيًا. يستكشف بناء الجملة في الفراغ هذه الهياكل باستخدام طرق ومقاييس تم تطويرها بناءً على الرياضيات الحديثة وأجهزة الكمبيوتر القوية بحيث تسمح هذه الأساليب والمقاييس بتركيب الفراغ لوصف وتحليل وتصور التكوينات المختلفة للشبكة المكانية للمدينة المادية على مستويات مختلفة ودراسة كيفية ارتباط التكوينات المختلفة ببعضها البعض وكذلك بالأفراد والمجتمع من خلال الممارسات اليومية.

2.6 الشبكات المكانية وبناء الجملة الفراغية

Spatial Networks and Space Syntax

ان تمثيلات الرسم البياني للأنماط المكانية الحضرية (الخرائط) والتي تقترحها تقنية Space Syntax هي اساليب مجدية من الناحية الحسابية لفهم الأشكال الحضرية بناءً على مسارات المشي العشوائية المعتمدة على المقياس والتي يمكن استخدامها من أجل تحديد المواقع والأحياء المعزولة نسبيًا للكشف على الزحف العمراني وإلقاء الضوء على الهياكل المجتمعية المخفية في القوام الحضري المعقد. لقد كان الاقتناع بتأثير البيئة المبنية على البشر شائعًا في التفكير المعماري والحضري لعدة قرون لان المدن تولد تفاعلات مع عدد أكبر من الناس مقارنة بالمناطق الريفية لأنها أماكن مركزية للتجارة ويستفيد منها أولئك الذين يعيشون فيها . ان التنظيم المكاني للمكان له تأثير بالغ الأهمية على الطريقة التي يتحرك بها الناس عبر الفراغات التي يلتقون فيها بأشخاص آخرين عن طريق الصدفة [15] ويمكن للأحياء أن تعزز التفاعلات الاجتماعية غير الرسمية بين الجيران بينما تخلق حواجز أمام التفاعل مع الناس من خارج الحي كما . أن التكوين المكاني قد يعمل على تعزيز لقاءات الناس او يجعلهم يتجنبون بعضهم البعض كما ان تشكيل الأنماط الاجتماعية المختلفة هو احد النتائج المهمة للتكوين المكاني [16] إن الاستخدام المشترك للفراغات المشتركة يخلق الحياة في المدن مدفوعة إلى حد كبير بعوامل الاقتصاد الجزئي والتي تميل إلى منح المدن هياكل وشبكات مماثلة وعادة ما يخلق تكوين بعض الشوارع الناشئة أنماطًا مختلفة من الانشطة بينما لا تتمتع بعض الشوارع بهذا الزخم لذلك تصبح بعض الشوارع بمرور الوقت أكثر استخدامًا من غيرها [17] من ناحية أخرى تميل عملية الفراغات السكنية المتاثرة بالعوامل الثقافية إلى جعل المدن مختلفة عن بعضها البعض بحيث يشكل نمط الشبكة الحضرية الناشئ شبكة من الفراغات المفتوحة المترابطة وكأنها تنسل سجلًا تاريخيًا لعملية إنشاء مدينة يقودها النشاط البشري وتحتوي على اثار المجتمع والتاريخ [17].

3.6.التحليل المكاني Spatial Analysis

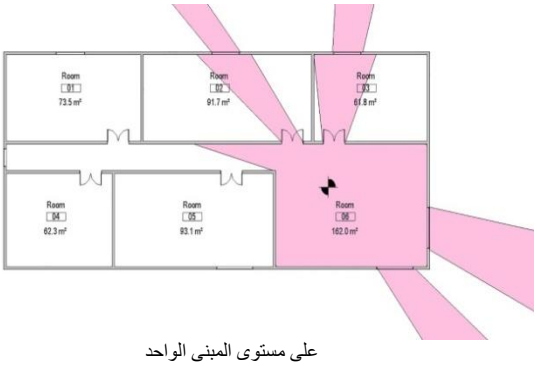
هو أداة لتحليل العلاقة المكانية بين الظواهر وبما يضمن تفسير العلاقات المكانية والاستفادة منها وفهم أسباب وجود وتوزيع هذه الظواهر على سطح الأرض والتنبؤ بسلوك تلك الظواهر في المستقبل [18]. ويمكن أيضا تعريفه بأنه معرفة النمط الذي انتظم به المكان وميزات هذا النظام وهذا يعني إن عملية التحليل تعطي صورة عن العلاقة ما بين المكان و سطح الأرض أو التضاريس (والذي يمثله النسيج الحضري) من جهة أنشطة المستعملين من جهة أخرى. لقد أصبح التحليل المكاني من الدراسات المهمة في الوقت الحاضر لما له من دور علمي مؤثر في الربط مابين الجغرافيا والتخطيط الحضري وعلم الاجتماع وعلوم أخرى وتكمن أهميته في قدرته على تحليل ظواهر السلوك والنشاط البشري ضمن تجمع حضري معين وتحويل نتائج التحليل إلى أرقام ومخططات تعد مؤشرا على مدى قوة او ضعف هذه الأنشطة وكذلك التنبؤ بتطورها المستقبلي.

1.3.6 . التحليل ببرنامج Depthmap

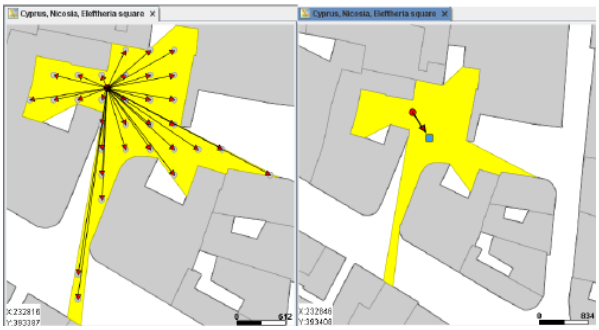
ينتج من هذا التحليل فهم العلاقات الأساسية بين الفراغات المفتوحة والنمط المكاني وقد بنيت نظرية التركيب الفراغي بشكل أساسي على فرضية المنطق الاجتماعي للفراغ الذي يقدم نظرة عامة حول كيفية تحديد الأفراد مع الفراغ في البيئات المبنية و تأثير الفراغ على السلوك الاجتماعي والعلاقات الاجتماعية وتكون الإجراءات على النحو التالي :-

- رسم خريطة الحالة المدروسة (أطول واقل الخطوط المحورية) للحصول على الخريطة المحورية Axial map بواسطة برنامج Auto cad وتصدير الملف بصيغة DXf إلى برنامج UCL Depthmap ثم إجراء تحليل الخرائط المحورية للحصول على القياسات والعلاقات المهمة . ويتم استخدام البرنامج للتحليل بمستويين:

المستوى الاول تحليل المساقط الافقية داخل المباني ويشمل تحليلي الاتصالية (connectivity) وتحليل الانفتاح (isovist analysis) وامكانية الرؤية (visibility) حيث يعطي البرنامج نتائج تعكس القوة والضعف في هذه المعايير في الاشكال 1،2 ،3.

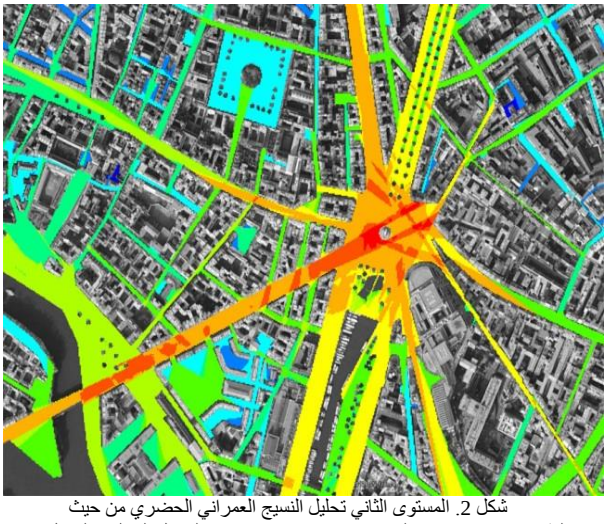


على مستوى المبنى الواحد

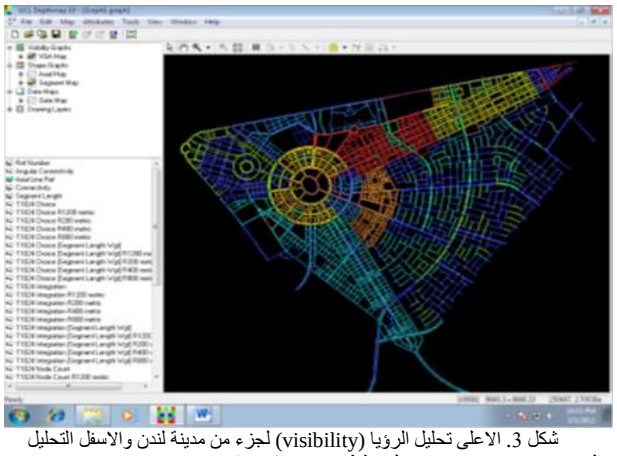


على مستوى النسيج الحضري

شكل 1. تحليل isovist على مستوى المبنى الواحد او على مستوى النسيج الحضري (المصدر، ALKHAZMI 2018)



شكل 2. المستوى الثاني تحليل النسيج العمراني الحضري من حيث الاتصالية(connectivity) والوضوح (intelligibility) و التكامل المحلي والشامل local and global integration والذين يعكسان سهولة الوصول وادراك البيئة الحضرية عن طريق التحليل المحوري (axial analysis) للنسيج الحضري . (المصدر Hillier ،2002)



شكل 3. الاعلى تحليل الرؤيا (visibility) لجزء من مدينة لندن والاسفل التحليل المحوري (axial analysis) لمخطط حضري باستخدام UCLDepthmap software (المصدر، ALKHAZMI, 2018)

2.3.6 الخريطة المحورية Axial map والتحليل المحوري Axial analysis

التحليل المحوري هو إحدى طرق التحليل المكاني ويظهر النموذج الحسابي عن طريق تحليل البنية المورفولوجية يمكن التنبؤ بالسلوك المكاني البشري. على سبيل المثال أثبتت الدراسات التجريبية الموسعة على مدى العقد الماضي أن معدلات المشاة ترتبط ارتباطًا وثيقًا بقيمة التكامل المحلي[23]. وقد تبين أن الخط المحوري ينتج تمثيلاً محددًا للمدينة أقرب إلى التمثيل المعرفي الذي يستخدمه الناس للتنقل في المدينة [24] ونتيجة لذلك تم توسيعه ليشمل العديد من المجالات الأخرى مثل علم الجريمة والإدراك المكاني [25] وكوحدة مكانية للمدينة التي يتم من خلالها إجراء تحقيقات في السلوك المكاني (orspatial behavior) و التحليل المكاني في المناطق الحضرية بصفة عامة.

1. 2.3.6 التحليل ببرنامج Depthmap

يهدف هذا التحليل إلى فهم العلاقة الأساسية بين كل من الفراغات المفتوحة الرئيسية والنمط المكاني وقد تم بناء نظرية التركيب الفراغي بشكل أساسي على فرضية المنطق الاجتماعي للفراغ الذي يقدم نظرة عامة حول كيفية تحديد الأفراد مع الفراغ في البيئات المبنية و تأثير الفراغ على السلوك الاجتماعي والعلاقات الاجتماعية وتكون الإجراءات على النحو التالي :-

- رسم خريطة الحالة المدروسة (أطول واقل الخطوط المحورية) للحصول على الخريطة المحورية Axial map بواسطة برنامج Auto cad .
- تصدير الملف بصيغة DXf إلى برنامج UCL Depthmap .
- تحليل الخرائط المحورية للحصول على القياسات والعلاقات المهمة .

- التكامل (Integration) :

تتغير قيمة تكامل الخط وفقا لعدد المستويات التي تم اعتبارها في القياس إذا قمنا بحساب مدى عمق أو ضحالة كل خط من جميع الخطوط الأخرى، فإننا نسمي هذا التكامل ، (تكامل شامل) (global Integration) في حين أن حساب مدى عمق أو ضحالة كل خط من جميع خطوط الشبكة حتى ثلاثة مستويات فقط يسمى (تكامل R3) أو (Radins3) أو (التكامل المحلي)(Local Integration) وإذا كان فقط على بعد مستوى واحد من كل خط من الشبكة فإذا هذا يسمى الترابطية أو الاتصالية (Connectivity) لخط (عدد الخطوط المرتبطة به مباشرة) لذا فإذا تحديد نوع التكامل تعتمد على نصف القطر R .

- التكامل المحلي (Local Integration) :

يمثل هذا النوع من التكامل إمكانية الوصول والترابط ضمن جزء من النظام المكاني بأكمله ، يتم احتساب هذه القيمة فقط عدة خطوات بشكل فراغ معين ، عادة في حدود 3 خطوات عمق (R3) ، وقد أشارت الأبحاث السابقة إلى أن التكامل المحلي يمكن تفسيره من خلال التسلسل الهرمي لإمكانية الوصول والحركة المحلية للمشاة.

يتميز التكامل المحلي (Local Integration) المتوسطي بتقديرات المزج للخطوط المحورية في نصف القطر 3 (الجذر إضافة إلى خطوتين طوبولوجيتين من الجذر) يمكن استخدامها لتظهر صورة مركزية للتكامل.

- التكامل الشامل (Global integration) :

يشير التكامل الشامل إلى إمكانية الوصول والاتصال لكل فراغات الإطار المكاني كاملا والفراغ الذي يمكن الوصول إليه بشكل أكثر من الفراغات الأخرى يكون الفراغ الأكثر تكاملا . ويشكل أكثر وضوحا هناك فراغ ذو قيمة تكامل عالية يتمتع بفرصة جيدة ليصبح مكانا للتجمعات والتفاعل الاجتماعي بين الأشخاص. يتميز التكامل الشامل المحوري بقيم التكامل للخطوط المحورية في دائرة نصف قطرها لانهاية له والتي يمكن استخدامها لتظهر صورة لأسلوب التكامل في أكبر مقياس .

- الاتصالية أو الترابطية (Connectivity) :

هو خاصية للخط (الفراغ) الذي يمكن رؤيته من الخط (الفراغ) الآخر،في حين أن التكامل الشامل لا يمكن رؤيته من الخط (الفراغ) الملاصق لأنه يتطلب معرفة النظام ككل ، فإن الاتصالية تعتبر العلاقة بين كل خط وكل الخطوط الأخرى بغض النظر عن كيفية استمراريتها إلى ابعد الحدود لذلك هو مقياس شامل (Global).

- قياس الوضوح (Intelligibility) :

يوضح هذا المصطلح العلاقة المتبادلة بين مقياسين مهمين جدا هما التكامل الشامل والاتصالية أو الترابطية (Global integration Connectivity) وهو يشير إلى الفراغات الأكثر وضوحا أو فهما (أسهل لتصميمات الأشكال المكانية إذا كانت العلاقات عالية) و يتم عرض هذا المؤشر في مخطط تشتت مع خطوط انحدار تظهر العلاقة بين قيم التكامل الشامل والاتصالية أو الترابطية .

- قياس التآزر (Synergy) :

يوضح هذا المصطلح العلاقة المتبادلة بين مقياسين هما التكامل الشامل والتكامل المحلي (Global integration \ Local integration) وهو يشير إلى الفراغات الأكثر دعما لاقامة علاقات اجتماعية بين المستويين المحلي والشامل للفراغات الحضرية فهما (أسهل للعلاقات الثقافية الاجتماعية إذا كانت العلاقات عالية) و يتم عرض هذا المؤشر في مخطط تشتت مع خطوط انحدار تظهر العلاقة بين قيم التكامل الشامل (Global Integration) و التكامل الشامل (Local Integration).

1.2.3.6 المتغيرات و القياسات المكانية

تقدم نظرية space syntax الدعم الرياضي والحسابي للتحاليل المكانية ويتمثل ذلك في عدة متغيرات و قياسات مهمة . إن عدد المستويات التي يتم اعتبارها في القياس عندما نقوم بحساب مدى عمق أو ضحالة كل خط من جميع الخطوط الأخرى تسمي التكامل هذا الحساب عندما يكون حتى ثلاثة مستويات فقط يسمى (تكامل R3) أو(التكامل المحلي -Local Integration) . (وإذا كان فقط على بعد مستوى واحد من كل خط من الشبكة فإذا هذا يسمى الترابطية أو الاتصالية (Connectivity) لخط (عدد الخطوط المرتبطة به مباشرة) لذا فإن تحديد نوع التكامل تعتمد على نصف القطر [R] . اما التكامل الشامل فيشير إلى إمكانية الوصول والاتصال لكل فراغات الإطار المكاني كاملا والفراغ الذي يمكن الوصول إليه بشكل أكثر من الفراغات الأخرى يكون الفراغ الأكثر تكاملا . ويشكل أكثر وضوحا هناك فراغ ذو قيمة تكامل عالية يتمتع بفرصة جيدة ليصبح مكانا للتجمعات والتفاعل الاجتماعي بين الأشخاص. يتميز التكامل الشامل المحوري بقيم التكامل للخطوط المحورية في دائرة نصف قطرها لانهاية له والتي يمكن استخدامها لتظهر صورة لأسلوب التكامل في أكبر مقياس. يقيس التحكم درجة الاختيار التي تمثلها كل فراغ لجيرانه المباشرين كفراغ للانتقال إليه فكل فراغ له عدد معين من الجيران المباشرين. الفراغات التي لها قيمة تحكم أكبر من 1 سيكون لها تحكم قوي ، والمساحات التي تقل عن 1 ستكون مساحات تحكم ضعيفة. هناك مثال نموذجي وهو ممر المستشفى المتصل بالعديد من المكاتب المتصلة. يوضح متغير العمق depth parameter مدى عمق الهياكل المكانية ، حيث يتم حسابها بعدد الخطوات (عمق الخطوة) أو التغيير في الاتجاهات من قبل الشخص للتنقل بين الفراغات. يعد متغير الاختيارChoice parameter مقياسًا لتقييم مدى وجود طريق معين يكون الطريق الأكثر استعمالا والأقصر عند الحركة بين أي نقطتين في النظام . ميزة أخرى مثيرة للاهتمام هي مقياس الوضوح intelligibility measure و يتم حساب هذا المؤشر كعنصر مشترك بين التكامل العالمي وقيم الاتصال ويعني الذكاء امكانية المراقب فهم جميع فراغات المدينة من خلال رؤية فراغات قليلة ومحدودة.أما مقياس التآزر synergy measure فيمثل مدى تبادل العلاقة بين قيم التكامل العالمي والتكامل المحلي وهذا يعبر عن ما إذا كان تدفق الحركة بين المستوى المحلي (السكان) والمستوى العالمي (الزوار) تدعمه أو تعيقه الهياكل المكانية. يوضح هذا المؤشر أيضًا دعم تكامل المدينة والتبادل الثقافي بين مستخدمي الفراغ الحضري .

7. حالة الدراسة

تقع المدينة الى الشرق من مدينة طرابلس بحوالي 120 كم ولها موقع رئيسي مهم كميناء بحري. المدينة لها جذور فينيقية ورومانية متمثلة في آثار مدينة لبدة الكبرى والتي تقع ضمن مخطط مدينة الخمس وفي الجزء الشرقي منه.الجزء الحديث أسسه العثمانيون كحامية عثمانية وميناء رئيسي لتصدير نبات الحلفاء .

1.7 التحليل المكاني المحوري لمدينة الخمس

هناك اتصال طبيعي بين فراغات المدينة ويمكن استخدام الفراغ في العلاقة بين التكوينات المختلفة. هذا التكوين هو ما وضحه هيليير (Hillier) في كتابه (الفراغ هو الآلة) (Space is the machine) كمجموعة من العلاقات المترابطة التي يتم تحديد كل منها خلال علاقتها بالآخرين.

1.1.7 قيمة الاتصال:C CONNECTIVITY VALUE:

متوسط قيمة الاتصال (3.745) هذه القيمة تقع ضمن حدود المتوسط الأوروبي والإنجليزي وهذا يعني أن نمط شبكة الشوارع المفتوحة تسيطر على مخطط المدينة . الأشكال 3 ، 4.

2.1.7 الاختيار: CHOICE

الشارع (الفراغ) الأكثر استخدامًا في المدينة شارع المدخل أو (شارع طرابلس) والذي يعتبر الأكثر استخداما كأقصر طريق في حالة مرورنا بكل الطرق المختصرة من مكان إلى آخر. الشكل 4.

شكل 3. قيمة الاتصال
(المصدر Agael، 2017)

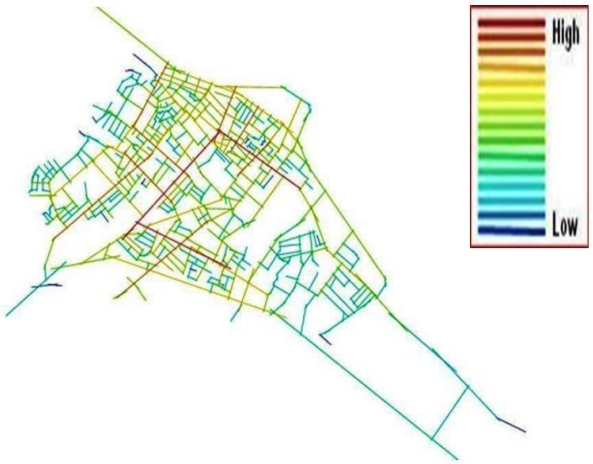
شكل 4 . قيمة الاختيار
(المصدر Agael، 2017)

3.1.7 قيمة التكامل الشامل: GLOBAL INTEGRATION: Rn

متوسط التكامل الشامل للمدينة يقترب من متوسط قيم المدن الأمريكية وقد كان (1.293) مما يشير إلى أن مخطط مدينة الخمس يشجع على الانتقال من كل جزء من أجزاء المدينة إلى أي أجزاء أخرى والحركة غير محدودة ضمن حدود الحي. الشكل 5.

4.1.7. التكامل المحلي: LOCAL INTEGRATION: R3

بحساب هذا المؤشر على أساس 3 خطوات عمق كان (1.842) وهو أعلى بقليل من متوسط المدن العربية ، هذه القيمة تعني أن المدينة لها شوارع مستقيمة ومتصلة. الشكل 5.



شكل 5. قيمة التكامل الشامل
(المصدر Agael، 2017)

شكل 6. قيمة التكامل المحلي
(المصدر Agael، 2017)

5.1.7. العمق: THE DEPTH

يعبر هذا المؤشر عن مدى عمق الهياكل المكانية و يتم حسابها بعدد الخطوات (عمق الخطوة) أو التغيير في الاتجاهات من قبل الشخص للتنقل بين الفراغات. وقد وجد أن مدينة الخمس تحتاج فقط 6 خطوات كمتوسط عمق لتغطية المدينة بأكملها. يشير هذا إلى طول المحاور وطبيعة تصميم المدينة المصممة لحركة المركبات. الشكل 7.

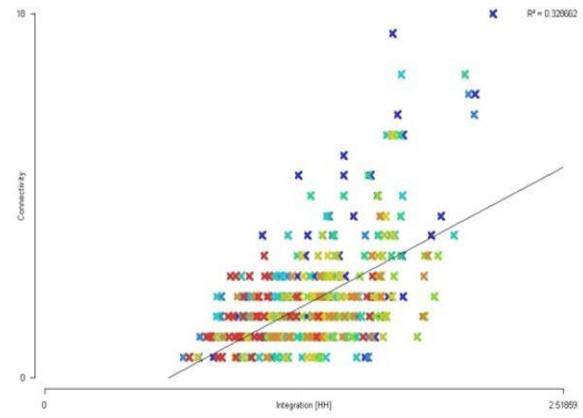
شكل 7. قيمة العمق

6.1.7. الوضوح: INTELLIGIBILITY: Rn vs. C

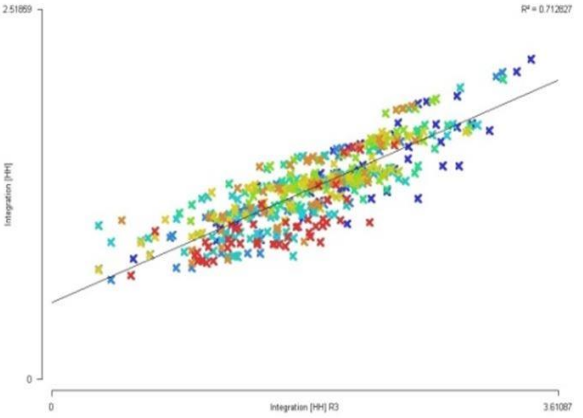
لقد بلغت قيمة الوضوح للمدينة (0.3286) في مدينة الخمس وهي مرتفعة ، أكثر من جميع المدن الأوروبية والعربية والأمريكية المدروسة. تم حساب هذا المؤشر كعنصر مشترك بين التكامل العالمي وقيم الاتصال و يعني الوضوح أنه يمكن للمشاهد فهم جميع فراغات المدينة من خلال رؤية فراغات قليلة ومحدودة. وبالتالي ، فإن الهيكل المكاني للخمس لا يحتاج إلى الكثير من الخطوات لجعل كل جزء من المدينة مفهومًا. شكل 8.

7.1.7 التآزر: SYNERGY : R3 vs. Rn

مؤشر يوضح ما إذا كان تدفق الحركة بين المستوى المحلي (السكان) والمستوى الشامل (الزوار) تدعمه أو تمنعه الهياكل المكانية. سجلت مدينة الخمس قيمة عالية جدا و لقد تجاوزت المدن الأمريكية حيث بلغت(0.7128) وهذا يعني أن هياكل فضاءات المدينة تدعم بقوة التفاعل الإيجابي بين السكان والزوار وينعكس ذلك في العلاقات القائمة بين السياح والمقيمين لوجود مدينة لبدة و لقد أصبح الزوار جزءًا مألوفًا من مزيج المدينة. الشكل 9.



شكل 8. قيمة الوضوح (Intelligibility)



شكل 9: قيمة التازر (Synergy)

8. النتائج

لقد سيطر نمط شبكة الشوارع المفتوحة على مخطط مدينة الخمس فقد بلغت قيمة الاتصال والتي تمثل علاقة كل فراغ بالفراغ المجاور له مباشرة مستويات المتوسط الاوروبي والانجليزي. كما ان مخطط هذه المدينة يشجع على الانتقال بين أجزاءه المختلفة بحرية تامة وغير محدودة ضمن حدود الحي والمدينة خلال شوارع مستقيمة ومتصلة. كما ان الهياكل المكانية للشبكة الحضرية للمدينة لا تحتاج لكثير من الخطوات لسهولة فهمها .ايضا فان هذه الهياكل والشبكات تدعم وبقوة التفاعل الإيجابي و انشاء علاقات جيدة بين السكان والزوار فقد كانت قيمة مؤشر التآزر عالية جدا مما يؤكد على أن مدينة الخمس ووفقا لتحليلها المكاني هي مدينة جاذبة ومن السهل التنقل والعيش فيها وإنشاء علاقات جيدة مع سكانها.

الخلاصة

على مدار السنوات الماضية قدمت SPACE SYNTAX مساهمة تجريبية مهمة في تحليل التصميم الحضري. يقدم البحث مبادئ ومفاهيم SPACE SYNTAX وبعض المقاييس المكانية الرئيسية والمعايير التي تدعم القياسات الحسابية وتحليل التكوين المكاني للشبكات الحضرية للتخطيط والتصميم الحضري كما يوضح البحث الوظائف التحليلية الكمية المختلفة للتحليل الرياضي المكاني الحضري في سياق دراسة الحالة لمدينة الخمس الليبية . يوفر استخدام SPACE SYNTAX طرقا تجريبية فعالة لفهم التكوين المكاني للشبكات الحضرية مهما كان تعقيدها بأدوات تقدير كمي جديدة للتصميم الحضري من خلال عدة برامج أهمها Depthmap و AGraph وعدة برامج أخرى .

المراجع

[1] Miller, H., Wentz, A,. Representation and spatial analysis in geographic information systems. Annals of the Association of American Geographers, 2003, 93 (3), 574-594.

[2] Hillier, B., Penn, A. Rejoinder to Carlo Ratti. Environment and planning B:Planning and design, 2004, 31, 501- 511.

[3]عقيل، فوزي. التحول الرقمي والحوسبة في هندسة العمارة والتخطيط الحضري ، المؤتمر الدولي الثاني للعلوم والتكنولوجيا ، 16- 17 سبتمبر 2019 براك (جامعة سبها)

[4]عقيل، فوزي. التحليل المحوري المكاني للبيئة المبنية كمنتج للتفاعل الإجتماعي الثقافي ، المجلة الدولية للعلوم والتقنية (عدد خاص) بالمؤتمر والمعرض التقني الأول للهندسة المعمارية والمدنية ، 23-24 فبراير 2019 - قمينس - ليبيا .

[5] Morello, E., Ratti, C. A digital image of the city: 3D isovists in Lynch's urban analysis. Environment and Planning B: Planning and Design. 2009, 36, 837 – 853.

[6] Haklay, M., Weber, P., Open Street Map: User generated street maps. Pervasive Computing, IEEE, 2008,7 (4), 12-18.

[7] Mitchell M. (2011). Complexity. A guided tour. Oxford University Press. Oxford.

[8] عقيل، فوزي. قياس الوضوح الحضري للبيئة المبنية ، المؤتمر الأول للعلوم الهندسية والتقنية ،27-25 سبيتمبر 2018 ، القره بوللي .(cest- 2018) .

[9] L. M. Bettencourt, "The origins of scaling in cities", Science 340, 1438–1441 (2013).

[10] Whitehand J.W.R. (2016). Editorial comment. Urban Morphology 2016 Vol 20.1

[11] Kropf K. (2017). The Handbook of Urban Morphology. Wiley.

[12] Rashid M. (2017). The Geometry of Urban Layouts. Springer

[13] Xiao Y. (2017). Urban Morphology and Housing Market. Springer.

[14] Hillier, B. Space is the machine: configurational theory of architecture. Cambridge : Cambridge University Press, 1996.

[15] Hillier, B and Hanson, J. The social logic of space. . Cambridge : Cambridge University Press, 1984.

[16] Agael, Fawzi. and Ozer, Ozlem. Measuring socio-cultural interaction in Arabic Mediterranean built environment, International Journal of environmental & science education, vol. 12, No. 3, (2017).

[17] Agael, Fawzi. and Ozer, Ozlem. Human perception in the Libyan built environment: Al- Khums and Bani Walid Cities as case studies, Archnet-IJAR: International Journal of Architectural Research, vol 11, No 2, (2017).

[18] Egenhofer , M. J and Mark, D. M. Naive Geography, in: Spatial Information Theory: A Theoretical Basis for GIS, edited by A. U. Frank and W. Kuhn. Berlin : Springer-Verlag, 1995.

[19] Hillier , B, Hanson, J and Peponis, J. The syntactic analysis of settlements. Architecture et Comportment/Architecture and Behavior. vol. 3, , 1987, Vol. no. 3.

[20] Jiang , B. Ranking spaces for predicting human movement in an urban environment. International Journal of Geographical Information Science. 2006.

[21] Jiang, B and Liu, C. Street-based topological representations and analyses for predicting traffic flow in GIS. International Journal of Geographical Information Science. 23, 2009, Vol. 9.

[22] Alkhazmi, H. and Esin, N. Investigating The Visual Privacy on Houses layouts in Traditional Desert Settlement of Ghadames City-Libya- By Using Space Syntax Analysis. International Journal of Applied Engineering Research ISSN 0973-4562 Volume 12, Number 19 (2017) pp. 8941-8951

[23] Hillier , B, Hanson, J and Peponis, J. The syntactic analysis of settlements. Architecture et Comportement/Architecture and Behavior. vol. 3, , 1987, Vol. no. 3.

[24] Hillier, B., Penn, A. Rejoinder to Carlo Ratti. Environment and planning B: Planning and design, 2004.

[24] Hillier, B. A theory of the cityas object: or, how spatial laws mediate the social construction of urban space . Urban Design International . Vol. 7, 2002.

[25] Conroy-Dalton, R; Bafna, S; The syntactical image of the city:a reciprocal definition of spatial elements and spatial syntaxes. In: (Proceedings) 4th International Space Syntax Symposium. 2003 : London, UK.