



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة أم البواقي

معهد تسيير التقنيات الحضرية

أطروحة

مقدمة لنيل شهادة

دكتوراه الطور الثالث

الشعبة: تسيير التقنيات الحضرية

التخصص: تسيير مدن

من طرف:

عمرو عياش زين الدين

عنوان الأطروحة:

محددات التوسع العمراني والخيارات البديلة

حالة مدينة ميله

أطروحة مناقشة بتاريخ 2024/12/05 أمام لجنة المناقشة المشكلة من:

الرقم	اللقب والإسم	الرتبة	مؤسسة الانتماء	الصفة
01	بوسماحة أحمد	أستاذ التعليم العالي	جامعة أم البواقي	رئيسا
02	بولكعيبات عيسى	أستاذ محاضر أ	جامعة أم البواقي	مشرفا
03	جقجاق عبد الرازق	أستاذ محاضر ب	جامعة أم البواقي	مشرفا مساعدا
04	لرقت مليكة	أستاذ محاضر أ	جامعة أم البواقي	ممتحنا
05	بن ناصر حمزة	أستاذ محاضر أ	جامعة أم البواقي	ممتحنا
06	ثلايجية جمال	أستاذ التعليم العالي	جامعة عنابة	ممتحنا
07	بوزحج فؤاد	أستاذ محاضر أ	جامعة قسنطينة 3	ممتحنا

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

شكر وتقدير

الحمد لله أولاً وأخيراً الذي وفقني ومنحني الصبر والعزيمة لإتمام هذا العمل المتواضع.

بداية أتقدم بخالص الشكر والتقدير والامتنان إلى:

الأستاذة المشرف "د. بولكعيبات عيسى" على متابعته وتأطيره للبحث وتوجيهاته لإتمام هذه الأطروحة.

الأستاذ المشرف المساعد "د. جقجاق عبد الرزاق" المكلف بدارسات ما بعد التدرج، البحث العلمي والعلاقات الخارجية، على كل الجهود المبذولة والمساعدة القيمة.

كما أتوجه بالشكر الجزيل إلى كل من:

إلى الأساتذة أعضاء لجنة المناقشة الكرام

- بوسماحة أحمد
- بولكعيبات عيسى
- جقجاق عبد الرزاق
- لرقط مليكة
- بن ناصر حمزة
- ثلاثية جمال
- بوزحزح فؤاد

إلى كل من تقدم لي بيد العون والتشجيع والكلمة الطيبة لإنجاز بحثي شكراً جزيلاً.

إهداء

الحمد لله الذي وهبنا نعمة العلم ووفقنا بتوفيقه

اهدي هذا العمل إلى كل من ساهم في دعمي

إلى والدي ووالدتي

إلى عائلتي

إلى أصدقائي

إلى الأستاذة لعموري صابرينة التي بذلت جهداً في دعمها المعنوي وتشجيعها لإتمام هذا العمل

فهرس المحتويات

2	مقدمة
5	1. الإشكالية:
11	2. أهداف البحث:
11	3. الدراسات السابقة وتحديد الفجوة العلمية:
11	1.3. أوجه الاختلاف بين الدراسات السابقة:
15	2.3. تحديد الفجوة العلمية في الدراسات السابقة:
19	4. أهمية الدراسة:
20	5. المناهج المستعملة في الدراسة:
20	1.5. المناهج الرئيسية:
21	2.5. المناهج الثانوية:
21	6. وسائل البحث المعتمدة لجمع البيانات وتحليلها في الأطروحة:
23	7. تنظيم الأطروحة وهيكلها العام:
	الفصل الأول: مراجعة الأدبيات المتعلقة بالتوسع العمراني وأساليب تحليله ونمذجته.
25	مقدمة الفصل
27	المحور الأول: مفاهيم أساسية.
27	مقدمة المحور:
28	1. التوسع العمراني، النمو الحضري، التحضر والزحف العمراني:
31	2. الشكل الحضري والتنمية المستدامة:
33	1.2. النمط الممتد (Sprawl pattern):
36	2.2. النمط المدمج (Compact pattern):
38	3. أسباب التوسع العمراني:
38	1.3. النمو السكاني:
39	2.3. القرارات المستقلة:
39	3.3. النمو الاقتصادي:
39	4.3. التصنيع:

40.....	5.3. المضاربة واحتكار الأرض:
40.....	6.3. المنازعات القانونية:
40.....	7.3. الطبيعة الجغرافية للأرض:
40.....	8.3. الضرائب:
40.....	9.3. كلفة الأرض
41.....	10.3. النقل والطرق:
41.....	11.3. البناء الفردي ومساحة القطعة الأرضية:
42.....	12.3. السياسة العمرانية والرقابة:
44.....	خلاصة المحور:
45.....	المحور الثاني: مراجعة أدبية لأساليب تحليل التوسع العمراني:
46.....	1. رصد تغير الغطاء الأرضي:
55.....	2. طريقة قياس أنماط التوسع العمراني:
59.....	3. محددات التوسع العمراني وكيفية اختيارها:
63.....	خلاصة المحور:
65.....	المحور الثالث: نمذجة التوسع العمراني.
65.....	مقدمة المحور:
66.....	1. نظرة عامة حول نمذجة التوسع العمراني:
68.....	2. تصنيف النماذج:
68.....	1.2. النماذج القائمة على العميل (Agent-Based Models):
69.....	2.2. النماذج المعتمدة على نظم المعلومات الجغرافية (GIS-Based):
71.....	3.2. النماذج القائمة على الخلايا (Cellular models):
73.....	4.2. النماذج الإحصائية:
73.....	3. سيناريوهات التوسع المستقبلي (الخطط البديلة للتوسع المستقبلي):
74.....	1.3. مكونات السيناريو:
76.....	2.3. تقييم السيناريو:
77.....	خلاصة المحور:

78.....	خلاصة الفصل:
الفصل الثاني: مجال الدراسة ومصادر البيانات.	
81.....	مقدمة.....
82.....	المحور الأول: أسباب اختيار مدينة ميله كمجال للدراسة.....
82.....	مقدمة المحور:
83.....	1. مدينة ميله على المستوى الوطني:
84.....	2. مدينة ميله على المستوى المحلي:
84.....	1.1. الشبكة الحضريه لولاية ميله:
85.....	2.2. العلاقة بين المدينة ومجالها الإقليمي:
87.....	3. الخصائص التاريخيه، الطبيعيه، الاقتصاديه والاجتماعيه لمدينة ميله.....
87.....	1.3. البعد التاريخي للمدينة:
90.....	2.3. الموقع والخصائص الفيزيائية للمدينة:
90.....	1.2.3. موقع المدينة:
90.....	2.2.3. موضع المدينة:
95.....	3.3. الخصائص السوسيو-اقتصاديه لمدينة ميله:
95.....	1.3.3. التطور الديموغرافي:
96.....	2.3.3. الوضعيه الاقتصاديه لسكان المدينة:
97.....	4. التطور العمراني لمدينة ميله قبل 1987:
97.....	1.4. قبل الاستعمار الفرنسي للمدينة (قبل 1830):
97.....	2.4. خلال فترة الاستعمار 1830-1962:
98.....	3.4. بعد الاستقلال (1962-1984):
101.....	خلاصة المحور:
102.....	المحور الثاني: مصادر البيانات والأدوات المستعملة في معالجتها.....
102.....	مقدمة المحور:
103.....	1. صور الأقمار الصناعيه:
103.....	2. بيانات نظم المعلومات الجغرافيه:

الفهارس

105	..... خلاصة المحور:
107	..... خلاصة
الفصل الثالث: أساليب التحليل والنمذجة.	
110	..... مقدمة الفصل:
112	..... المحور الأول: الرصد والرسم الخرائطي لتغير الغطاء الأرضي.
112	..... مقدمة المحور:
113	..... 1. تصنيف المرئيات الفضائية:
117	..... 2. رصد تغير الغطاء الأرضي:
118	..... 3. تحليل الخصائص الزمانية والمكانية للتوسع العمراني:
121	..... 4. تحليل أنماط التوسع العمراني:
122	..... 1.4. التحليل الكمي لأنماط التوسع العمراني باستخدام المقاييس المجالية:
123	..... 1.1.4. مقياس المساحة الكلية (Class Area):
123	..... 2.1.4. مقياس عدد البقع (NP):
124	..... 3.1.4. مقياس كثافة البقع (PD):
125	..... 4.1.4. مؤشر أكبر بقعة (Largest patch index):
125	..... 5.1.4. متوسط المسافة للجار الأقرب (MNN):
126	..... 6.1.4. مقياس متوسط وزن البعد الكسوري للمساحة (AWMPFD):
127	..... خلاصة المحور:
128	..... المحور الثاني: التحقق من العلاقة بين التوسع العمراني ومحدداته.
128	..... مقدمة المحور:
129	..... 1. نموذج الانحدار اللوجستي:
130	..... 2. إعداد مدخلات نموذج الانحدار اللوجستي:
130	..... 1.2. المتغير التابع:
131	..... 2.2. المتغيرات المستقلة:
131	..... 4. الارتباط المتعدد (Multicollinearity):
132	..... 4. اختيار العينة:

133	5. التحقق من ملاءمة النموذج:
133	خلاصة المحور:
135	المحور الثالث: نمذجة التوسع العمراني.....
135	مقدمة المحور:
136	1. بناء النموذج:
141	2. محاكات السيناريوهات المستقبلية:
141	1.2. تحديد السيناريوهات:
143	2.2. تقييم ومقارنة السيناريوهات:
144	خلاصة المحور:
146	خلاصة الفصل:
الفصل الرابع: النتائج والمناقشة.	
149	مقدمة الفصل
150	المحور الأول: تغير الغطاء الأرضي.....
150	مقدمة المحور:
151	1. تصنيف الغطاء الأرضي:
153	2. تقييم دقة التصنيف:
154	3. تغير الغطاء الأرضي لبلدية ميله في الفترة بين 1987-2020:
158	4. الخصائص الزمانية والمكانية للتوسع العمراني لمدينة ميله:
160	1.4. معدل متوسط التوسع العمراني السنوي (AUER):
162	2.4. الخصائص الزمانية للتوسع العمراني:
165	3.4. الخصائص المكانية للتوسع العمراني:
169	4.4. أنواع التوسع العمراني:
171	5. التحليل الكمي لأنماط التوسع العمراني باستخدام المقاييس المجالية:
174	خلاصة المحور:
176	المحور الثاني: العلاقة بين التوسع العمراني ومحدداته.....
176	مقدمة المحور:

177	1. تحليل نتائج نموذج الانحدار اللوجستي:
179	1.1. الانحدارات:
181	2.1. الارتفاعات:
182	3.1. المسافة إلى الشعب:
182	4.1. المسافة إلى النسيج العمراني:
183	5.1. المسافة إلى الطرق:
185	6.1. المسافة إلى خطوط النقل:
187	7.1. المسافة إلى مركز المدينة:
188	8.1. المسافة إلى التجهيزات:
190	9.1. كثافة السكان:
192	10.1. محددات السياسة العمرانية:
192	1.10.1. الطبيعة القانونية للتعمير:
193	2.10.1. طبيعة الملكية العقارية:
195	خلاصة المحور:
196	المحور الثالث: محاكات التوسع المستقبلي.
196	مقدمة المحور:
197	1. تحليل نتائج المحاكات:
199	2. سيناريوهات (بدائل) التوسع المستقبلي لمدينة ميله:
200	1.2. السيناريو الأول: التوسع المستقبلي الطبيعي (التاريخي).
201	2.2. السيناريو الثاني: التوسع العمراني وفق المخطط التوجيهي للتهيئة والتعمير.
203	3.2. السيناريو الثالث: نمط الحماية البيئية:
203	(أ) نمط الحماية البيئية الجيولوجية:
204	(ب) نمط الحماية البيئية للمياه:
205	(ج) نمط الحماية البيئية للتنوع البيولوجي:
207	(د) نمط الحماية البيئية المدمج:
209	3. المقارنة بين السيناريوهات:

الفهارس

213	..... خلاصة المحور:
215	..... المحور الرابع: مناقشة النتائج.
215	..... مقدمة المحور:
216	..... 1. التوسع العمراني من حيث خصائصه الزمانية والمكانية، أشكاله وأنماطه:
221	..... 2. تقييم العلاقة بين التوسع العمراني ومحدداته:
222	..... 1.2. المحددات الطبوغرافية (الطبيعية):
223	..... 2.2. المحددات السوسيو اقتصادية:
230	..... 3.2. محددات السياسة العمرانية:
230	..... 1.3.2. الوضعية القانونية للتعمر:
235	..... 2.3.2. طبيعة الملكية العقارية:
239	..... 3. تقييم نتائج نمذجة التوسع العمراني:
239	..... 1.3. سيناريو التوسع الطبيعي:
240	..... 2.3. سيناريو التوسع حسب المخطط التوجيهي للتهيئة والتعمر:
240	..... 3.3. سيناريو نمط الحماية البيئية:
241	..... خلاصة المحور:
243	..... خلاصة الفصل:

الخاتمة

245	..... 1. الخاتمة:
245	..... 1.1. الإجابة على الأسئلة البحثية:
252	..... 2.1. المساهمة والإضافة البحثية:
253	..... أ) المساهمة التطبيقية:
253	..... ب) المساهمة المكانية:
253	..... ج) المساهمة المعرفية:
253	..... د) المساهمة المنهجية:
255	..... 3.1. التوصيات:
256	..... 4.1. محدودية الدراسة والنظرة المستقبلية:

258	قائمة المراجع
293	قائمة الملاحق
214	الملخص

فهرس الجداول

جدول رقم 1:	ملخص لمختلف الدراسات التي شملت مختلف خصائص التوسع العمراني وأساليب النمذجة في الدول لمتقدمة والنامية مقارنة بالجزائر .	12
جدول رقم 2:	مختلف جوانب الزحف العمراني من خلال الدراسات السابقة.	30
جدول رقم 3:	أسباب التوسع العمراني التي يمكن أن تنتج الشكل الزاحف أو المرصوص.	38
جدول رقم 4:	الفئات الرئيسية للمؤشرات الطيفية ومصادرها الرئيسية.	51
جدول رقم 5:	ملخص عن أهم تقنيات كشف التغير .	53
جدول رقم 6:	أهم المقاييس المجالية لتحديد نمط التوسع العمراني.	57
جدول رقم 7:	لمحة حول العوامل الدافعة للتوسع المستخدمة في الدراسات السابقة.	62
جدول رقم 8:	التوزيع السكاني ونسب التحضر في الجزائر بعد الاستقلال.	83
جدول رقم 9:	نسبة شغل الانحدارات لمساحة بلدية ومدينة ميلة.	92
جدول رقم 10:	تطور السكان في مدينة ميلة.	96
جدول رقم 11:	الوضعية الاقتصادية لسكان مدينة ميلة.	96
جدول رقم 12:	صور الأقمار الصناعية المستعملة في الدراسة.	103
جدول رقم 13:	مصادر البيانات المستعملة في تحليلات نظم المعلومات الجغرافية.	105
جدول رقم 14:	نظام تصنيف الغطاء الأرضي.	113
جدول رقم 15:	مختلف نطاقات الطول الموجي لمختلف صور الأقمار الصناعية Landsat.	115
جدول رقم 16:	أشكال التوسع العمراني بالنسبة لقيم مؤشر التوسع الأفقي.	119
جدول رقم 17:	مجال قيم مؤشر كثافة التوسع العمراني.	120
جدول رقم 18:	قيم مؤشر تمايز التوسع العمراني.	121
جدول رقم 19:	النسب المئوية لأصناف الغطاء الأرضي لبلدية ميلة في الفترة بين 1987-2020.	152
جدول رقم 20:	نتائج تقييم دقة التصنيف.	153
جدول رقم 21:	مصنوفة ما بعد التصنيف للغطاء الأرضي لبلدية ميلة.	156
جدول رقم 22:	معدل التوسع العمراني لمدينة ميلة بين 1987-2020.	160
جدول رقم 23:	ملخص البيانات الاحصائية للمقاييس المجالية لمدينة ميلة.	171
جدول رقم 24:	قيم معامل تضخم التباين (التحقق من التعدد الخطي).	177

الفهارس

179	جدول رقم 25: نتائج نموذج الانحدار لمختلف فترات الدراسة.
202	جدول رقم 26: تقديرات المساحات اللازمة لتوسع مدينة ميله حسب PDAU.
203	جدول رقم 27: معايير تحديد نمط الحماية الجيولوجية.
206	جدول رقم 28: معايير تحديد نمط الحماية للتنوع البيولوجي.
209	جدول رقم 29: حجم ووتيرة التوسع العمراني المستقبلي بالنسبة لمختلف السيناريوهات.
210	جدول رقم 30: قياس أنماط التوسع المستقبلي لمختلف السيناريوهات باستعمال المقاييس المجالية.

فهرس الأشكال

25	الشكل رقم 1: تنظيم الأطروحة.
29	الشكل رقم 2: أشكال النمو الحضري.
35	الشكل رقم 3: أشكال الزحف العمراني.
37	الشكل رقم 4: خصائص المدينة المدمجة.
43	الشكل رقم 5: عوامل الزحف العمراني.
48	الشكل رقم 6: خطوات تصنيف المرئيات الفضائية.
48	الشكل رقم 7: الفرق بين التصنيف الموجه والتصنيف الغير موجه.
49	الشكل رقم 8: مبدأ عمل خوارزمية الاحتمال الأقصى.
59	الشكل رقم 9: تمثيل بصري لبعض المقاييس المجالية من خلال القيم المرتفعة والمنخفضة.
61	الشكل رقم 10: بعض العوامل المؤثرة في التوسع العمراني.
67	الشكل رقم 11: نموذج Christaller.
69	الشكل رقم 12: مبدأ عمل النماذج القائمة على العميل.
70	الشكل رقم 13: النمذجة باستعمال النماذج القائمة على نظم المعلومات الجغرافية.
72	الشكل رقم 14: طريقة عمل نماذج الأوتوماتا الخلوي.
84	الشكل رقم 15: مقارنة نسب التحضر بين المستوى الوطني وبلدية ميله.
98	الشكل رقم 16: النسيج العمراني الفرنسي.
111	الشكل رقم 17: المنهجية العامة للدراسة.
114	الشكل رقم 18: منهجية تصنيف المرئيات الفضائية.
118	الشكل رقم 19: منهجية استعمال مؤشرات قياس التوسع العمراني.
122	الشكل رقم 20: المنهجية المتبعة لتحليل أنماط التوسع العمراني.
130	الشكل رقم 21: المنهجية المتبعة لنمذجة الانحدار اللوجستي في الدراسة.

الفهارس

- الشكل رقم 22: منهجية نمذجة التوسع العمراني المستقبلي لمدينة ميله. 137.....
- الشكل رقم 23: منهجية التعلم في نموذج الخلايا العصبية الاصطناعية. 139.....
- الشكل رقم 24: السيناريوهات المختلفة لتوسع مدينة ميله مستقبلا. 142.....
- الشكل رقم 25: النسب المئوية لأصناف الغطاء الأرضي لبلدية ميله في الفترة بين 1987-2020. 153.....
- الشكل رقم 26: معدل التوسع السنوي لمدينة ميله بالنسبة لمعدل التوسع السنوي الإجمالي. 161.....
- الشكل رقم 27: نسبة التوسع العمراني في كل مرحلة بالنسبة لإجمالي التوسع. 161.....
- الشكل رقم 28: التغير في مؤشر شدة التوسع في مدينة ميله عبر الدوائر المتراكزة. 163.....
- الشكل رقم 29: شدة التوسع في مدينة ميله عبر الاتجاهات الجغرافية من 0 إلى 3000م. 165.....
- الشكل رقم 30: شدة التوسع في مدينة ميله عبر الاتجاهات الجغرافية من 3000م إلى 5500م. 165.....
- الشكل رقم 31: التغير في مؤشر تمايز التوسع في مدينة ميله عبر الدوائر المتراكزة. 167.....
- الشكل رقم 32: مؤشر تمايز التوسع في مدينة ميله عبر الاتجاهات الجغرافية من 0 إلى 3000م. 168.....
- الشكل رقم 33: مؤشر تمايز التوسع في مدينة ميله عبر الاتجاهات الجغرافية من 3000 إلى 5500م. 169.....
- الشكل رقم 34: نسبة التغير في مساحة أنواع التوسع العمراني في فترة الدراسة. 171.....
- الشكل رقم 35: المقارنة بين عدد البقع والمساحة. 172.....
- الشكل رقم 36: المقارنة بين المقاييس التي تعبر عن مدى تجزئة المجال العمراني. 173.....
- الشكل رقم 37: تعقيد الشكل الحضري. 173.....
- الشكل رقم 38: لكل مرحلة (ROC) منحنى الخاصية العملية للمستقبل. 178.....
- الشكل رقم 39: توزيع التوسع العمراني على فئات الانحدار في الفترة بين 1987-2020. 180.....
- الشكل رقم 40: توزيع التوسع العمراني بالنسبة لفئات الارتفاع في الفترة بين 1987-2020. 181.....
- الشكل رقم 41: توزيع التوسع العمراني بالنسبة للمسافة إلى النسيج الحضري. 183.....
- الشكل رقم 42: توزيع التوسع العمراني بالنسبة للمسافة إلى الطرق. 184.....
- الشكل رقم 43: توزيع التوسع العمراني بالنسبة للمسافة إلى خطوط النقل في مدينة ميله. 186.....
- الشكل رقم 44: توزيع التوسع العمراني بالنسبة للمسافة إلى مركز مدينة ميله. 188.....
- الشكل رقم 45: توزيع التوسع العمراني لمدينة ميله بالنسبة للمسافة إلى التجهيزات العمومية. 189.....
- الشكل رقم 46: نسبة التوسع المخطط والغير مخطط لمدينة ميله في الفترة بين 1987-2020. 192.....
- الشكل رقم 47: نسبة التوسع على الأراضي التابعة للدولة والأراضي التابعة للخواص. 194.....

فهرس الخرائط

- خريطة رقم 1: سيناريوهات التوسع العمراني في مدن دلتا النيل مصر. 75.....
- خريطة رقم 2: الشبكة الحضرية لولاية ميله. 85.....
- خريطة رقم 3: مجال نفوذ أهم المراكز الحضرية لولاية ميله. 86.....
- خريطة رقم 4: الانحدارات في بلدية ميله. 91.....

الفهارس

- 93..... خريطة رقم 5: الارتفاعات في بلدية ميله.
- 94..... خريطة رقم 6: توزيع الشبكة الهيدرولوجية في بلدية ميله.
- 95..... خريطة رقم 7: أنواع التربة في مدينة ميله ومحيطها.
- 99..... خريطة رقم 8: استعمالات الأرض الحضرية في مدينة ميله في الثمانينات.
- 155..... خريطة رقم 9 : تصنيف الغطاء الأرضي لبلدية ميله بين 1987-1998.
- 155..... خريطة رقم 10: تصنيف الغطاء الأرضي لبلدية ميله بين 1998-2008.
- 156..... خريطة رقم 11: تصنيف الغطاء الأرضي لبلدية ميله بين 2008-2020.
- 158..... خريطة رقم 12: التوزيع المجالي للمنطقة المبنية ضمن حدود الدراسة بين 1987-2020.
- 159..... خريطة رقم 13: رسم توضيحي لتقاطع المنطقة المبنية مع الاتجاهات الجغرافية والحرم المكاني.
- 163..... خريطة رقم 14: تغير شدة التوسع في مدينة ميله عبر الدوائر المتراكزة.
- 164..... خريطة رقم 15: تغير شدة التوسع في مدينة ميله عبر الاتجاهات الجغرافية.
- 166..... خريطة رقم 16: اختيارات التوسع العمراني في مدينة ميله عبر الدوائر المتراكزة بين 1987-2020.
- 168..... خريطة رقم 17: اختيارات التوسع في مدينة ميله عبر الاتجاهات الجغرافية بين 1987-2020.
- 170..... خريطة رقم 18: أنواع التوسع العمراني في الفترة بين 1987-2020.
- 180..... خريطة رقم 19: توزيع الانحدارات داخل المجال العمراني لمدينة ميله.
- 182..... خريطة رقم 20: توزيع الارتفاعات داخل المجال العمراني لمدينة ميله.
- 185..... خريطة رقم 21: توسع شبكة الطرق في مدينة ميله.
- 186..... خريطة رقم 22: توسع شبكة النقل لمدينة ميله في الفترة بين 1987 إلى 2020.
- 187..... خريطة رقم 23: توزيع التوسع العمراني بالنسبة للمسافة إلى مركز مدينة ميله.
- 190..... خريطة رقم 24: توزيع التجهيزات في مدينة ميله.
- 191..... خريطة رقم 25: التوسع العمراني بالنسبة للكثافة السكانية في مدينة ميله.
- 193..... خريطة رقم 26: الطبيعة القانونية للتوسع العمراني لمدينة ميله في الفترة بين 1987-2020.
- 194..... خريطة رقم 27: طبيعة الملكية العقارية في مدينة ميله.
- 199..... خريطة رقم 28: الخريطة الحقيقية والمحاكات لمدينة ميله سنة 2020.
- 200..... خريطة رقم 29: التوزيع المجالي للتوسع المستقبلي لمدينة ميله (سيناريو التوسع العادي).
- 201..... خريطة رقم 30: التوزيع المجالي للتوسع المستقبلي لمدينة ميله (سيناريو PDAU).
- 204..... خريطة رقم 31: نمط الحماية البيئية الجيوبوجية.
- 205..... خريطة رقم 32: نمط الحماية البيئية للمياه.
- 206..... خريطة رقم 33: توزيع الأراضي الزراعية ومردوديتها حول مدينة ميله.
- 207..... خريطة رقم 34: نمط الحماية البيئية للتنوع البيئي.
- 208..... خريطة رقم 35: نمط الحماية البيئية المدمج.
- 211..... خريطة رقم 36: التوسع المستقبلي لمدينة ميله وفق سيناريو التوسع العادي.

الفهارس

- 212..... خريطة رقم 37: سيناريو التوسع حسب المخطط التوجيهي للتهيئة والتعمير .
- 213..... خريطة رقم 38: سيناريو الحماية البيئية.
- 235..... خريطة رقم 39: أنماط السكن في مدينة ميله.
- 241..... خريطة رقم 40: أخطار التوسع وفق سيناريو المخطط التوجيهي للتهيئة والتعمير .

فهرس الصور

- 56..... صورة رقم 1: مكونات المشهد الطبيعي.
- 88..... صورة رقم 2: تمثال الملكة ميلو (الثكنة العسكرية ميله القديمة).....
- 88..... صورة رقم 3: المنبع الطبيعي عين البلد (مدينة ميله القديمة).
- 89..... صورة رقم 4: مختلف مكونات السور البيزنطي.
- 89..... صورة رقم 5: مخطط السور البيزنطي.
- 90..... صورة رقم 6: مسجد سيدي غانم.
- 100..... صورة رقم 7: نتائج انزلاق التربة في منطقة الخربة مدينة ميله سنة 2020.....
- 198..... صورة رقم 8: المعايير المستعملة لتدريب النموذج.
- 198..... صورة رقم 9: دقة محاكات خريطة نمذجة التوسع لسنة 2020 بالنسبة للخريطة الحقيقية.

لائحة الاختصارات:

AHP	AnalyticHierarchy Process
ANN	Artificial Neural Networks
AREA_MN	Patch Area Distribution
AUC	Area Under the Curve
AUER	Average Annual Urban Expansion Rate
AWMFD	Area-Weighted MeanPatch Fractal Dimension
BCI	Biophysical Composition Index
BI	Bare soil index
BRBA	Band Ratio for Built-up Area
BUS	Business as Usual Scenario
CA	Cellular Automata
CBD	Central Business District
CI	Consistency Index
CI	Contagion Index
CLUE	Conversion ofLand Use and its Effects
CONTAG	Contagion Index
CR	Consistency Ratio
CV	Cross-validation score
DEM	Digital Elevation Model
DOS	Dark ObjectSubtraction
ED	Edge Density
ENN_AM	AreaWeighted meanEuclidean distance neighbor distance
ENN_MN	Mean Euclidean Nearest Neighbor
EVI	Enhanced Vegetation Index
FR	Frequency Ratio
FRAC_MN	Fractal Index Distribution
GA	Genetic Algorithm
GARI	Green Atmospherically Resistant Vegetation Index
GDP	Gross Domestic Product
GIS	Geographic Information system
GLCF	Global Land Cover Facility
GWR	Geographically Weighted Regression

الفهارس

IBI	Index-based Built-up Index
IGBP	International Geosphere–Biosphere Programme
IJI	Interspersion and Juxtaposition Index
LPI	Largest Patch Index
LR	Logistic Regression
LULC	Land use and Land change
MNDWI	Modified Normalized Difference Water Index
NDBaI	Normalized Difference Bareness Index
NDBI	Normalized Difference Built-up Index
NDISI	Normalized Difference Impervious Surface Index
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index
NDWI	Normalized Difference Water Index
NIR	Near Infra–Red
PCI	Patch Cohesion Index
PI	Proximity Index
SAVI	Soil–Adjusted Vegetation Index
SHAPE_MN	Shape Index Distribution
TM	Landsat Thematic Mapper
UEDI	Urban Expansion Differentiation Index
UEII	Urban Expansion Intensity Index
UI	Urban Index
UN	United Nations
UN–HABITAT	United Nations Human Settlements Program
USGS	United States Geological Survey
VHR	Very High Resolution
VIF	Variance Inflation Factor

المقدمة العامة

التحضر كظاهرة عالمية شاملة، يُعرّف بأنه الزيادة في عدد سكان المناطق الحضرية. ارتفعت مستوياته بشكل حاد منذ نهاية القرن 18، حيث زادت النسبة المئوية لسكان المناطق الحضرية من 3% في سنة 1800 إلى 30% بحلول سنة 1950 (United Nations, 2012). استمرت الزيادة في نسبة التحضر لتبلغ نقطة تحول محورية في التوزيع السكاني العالمي، حيث تساوى عدد سكان المناطق الحضرية مع نظيره في المناطق الريفية للمرة الأولى تاريخياً. استناداً إلى المعطيات الديموغرافية الحالية، من المرجح أن تستمر وتيرة التحضر في تشكيل نمط التوزيع السكاني العالمي، مع توقعات بأن تصل نسبة سكان المدن إلى 67,1% من إجمالي سكان العالم بحلول عام 2050 (United Nations, 2012). يُعزى التسارع في النمو الحضري إلى مجموعة من العوامل الاجتماعية والاقتصادية والتكنولوجية، بما في ذلك التصنيع، زيادة فرص العمل في المدن، التقدم التكنولوجي، وتحسن وسائل النقل والاتصالات، فضلاً عن السعي للحصول على خدمات تعليمية وصحية متطورة (Li et al., 2019).

يحمل النمو الحضري السريع آثاراً إيجابية مثل التطور الاقتصادي وتحسن الخدمات والتبادل الثقافي، لكنه يأتي أيضاً بتحديات كالازدحام والتلوث والضغط على الموارد والمشاكل الاجتماعية عن طريق استمرارية النزوح الريفي، مما زاد الضغط على المناطق الحضرية وأثر على الأوساط البيئية من خلال التوسع المجالي المستمر للمدن لتلبية الاحتياجات المتزايدة للسكان (Heidarinejad, 2017). يتوزع هذا التوسع مجالياً في شكلين أساسيين: يتمثل الأول في التوسع الداخلي الذي يعتمد على عملية التكثيف ويتخذ الشكل المدمج المتراص وبالتالي يقلل من استهلاك المساحة ويقلل من الأثر البيئية. أما الشكل الثاني فيتمثل في التوسع الخارجي بشكل أفقي ممتد بعيداً عن النسيج العمراني القائم يشار إليه بمصطلح الزحف العمراني أو التمدد العمراني الذي يشكل خطراً على البيئة والموارد (E. H. Wilson et al., 2003).

رغم أن مساحة الاستخدام الأرضي الحضرية تعتبر الأصغر مقارنة بالاستخدامات الأخرى كالزراعة، الغابات، والمياه، إلا أن أثر توسعها على حساب هذه الاستخدامات أدى إلى ظهور العديد من المشاكل المحلية والتي بدورها تحولت إلى أزمات عالمية على غرار التغير المناخي المحلي والعالمي، استنزاف الأراضي الزراعية وتهديد الأمن الغذائي، التلوث... (Tan et al., 2005; Kaufmann et al., 2007). لهذا السبب على وجه التحديد، فإن التركيز على تقليل الأثر البيئية لتوسع المدن من خلال الانتقال من التوسع المترامي الأطراف إلى التوسع المدمج كإقتراح لتحقيق نظام حضري أكثر استدامة، يشمل جميع أبعاد التنمية المستدامة هو ضرورة قصوى (Mobaraki et al., 2012).

يتوزع أيضا التوسع العمراني مجاليا وفق وتيرة، أنماط وخصائص زمانية ومكانية مختلفة، تتحكم في هذا التوزيع مجموعة من العوامل الطبيعية، السوسيو اقتصادية وعوامل السياسة العمرانية. أشارت العديد من الدراسات السابقة إلى أن التوسع العمراني يتأثر بالعوامل الطبيعية كالانحدار الشديد الذي يمثل عائق للتوسع. تتحكم في التوزيع المجالي للتوسع عوامل سوسيو اقتصادية من خلال ارتباطها بالاحتياجات اليومية للسكان كالتنقل، العمل، الدراسة... (Zhang et al., 2013). من جانب آخر، فإن السياسة العمرانية التي تمثلها القوانين والمخططات العمرانية تؤثر على هذه الظاهرة من خلال توجيهها إلى منطقة محددة وكبحها في مناطق أخرى. وبالتالي فإن التطرق إلى العلاقة بين التوسع العمراني ومحدداته هو السبيل لفهم التوزيع المجالي لمناطق التوسع، والركيزة الأساسية لتحقيق التخطيط المستدام وفق بدائل تعتمد على التخطيط الاستباقي.

تبرز ظاهرة التحضر والتوسع العمراني بشكل أكثر وضوحاً في الدول النامية مقارنة بالدول المتقدمة التي تتميز باستقرار نسبي في هذا المجال. تعد الجزائر مثلاً بارزاً لهذه الظاهرة، حيث أنها من أكبر دول العالم مساحة، لكن توزيع مناطقها الجغرافية أدى إلى تركيز سكاني غير متوازن. فنجد أن 90% من سكان الجزائر يتمركزون في المنطقة الشمالية التي لا تشكل سوى 12.6% من إجمالي مساحة البلاد. شهدت الجزائر منذ استقلالها سنة 1962 تسارعاً ملحوظاً في معدلات التحضر، فقد ارتفعت نسبة سكان الحضر من 31,4% في عام 1966 إلى 65,94% سنة 2008 (ONS, 2011). صاحب هذا الارتفاع زيادة كبيرة في عدد التجمعات الحضرية، حيث ارتفع من 95 تجمعا إلى 751 تجمعا حضريا (ONS, 2011).

ينسب هذا النمو الحضري السريع إلى عدة عوامل رئيسية. أولاً، النمو الديموغرافي الناتج عن الزيادة الطبيعية للسكان. ثانياً، التنمية الاقتصادية والتصنيع الذي شهدته البلاد. وثالثاً، التفاوت التنموي الملحوظ بين المناطق الحضرية والريفية. ورابعاً: التقسيمات الإدارية التي صاحبته زيادة كبيرة في الاستثمارات العمومية خاصة في عواصم الولايات. هذا الاختلال الوظيفي أدى بدوره إلى حدوث هجرة داخلية واسعة النطاق. نتيجة لهذه العوامل، حدث تكثيف للشبكة الحضرية بمختلف أحجامها وتركيبها متجاوزة الحدود المخططة من قبل أدوات التهيئة والتعمير (Mazouz & Adad, 2018).

تميز التوسع العمراني في الجزائر بسمتين رئيسيتين: أولاً، التعدي على الأراضي الزراعية، وثانياً، الاستهلاك غير الرشيد للعقار والموارد (الطاقة، المياه الصالحة للشرب...). هذه الظواهر تشكل تحديات كبيرة للتنمية المستدامة في الجزائر، وتسدعي وضع استراتيجيات تخطيط حضري أكثر فعالية للتعامل مع آثار التوسع العمراني السريع وضمان تنمية متوازنة ومستدامة في ظل انحسار الثروة الغابية والمساحات الخضراء في المنطقة الشمالية للبلاد.

مع تسارع وتيرة التوسع العمراني وتأثيراته طويلة المدى، أصبح رصده وتحليله أمراً بالغ الأهمية. وقد برزت الحاجة لتبني استراتيجيات مستدامة لاستخدام الأراضي، تستند إلى بيانات دقيقة ومستمرة عن تغيرات الغطاء الأرضي. تركزت الدراسات الحديثة على ثلاثة محاور رئيسية: تحليل الأنماط المكانية والزمنية، تحديد العوامل المؤثرة، ووضع سيناريوهات مستقبلية للتوسع العمراني لتحديد الخيارات البديلة لتنظيم هذه الظاهرة.

لتحقيق هذه الأهداف، يتم الاعتماد على تقنيات ووسائل لتحليل البيانات المكانية والمتمثلة في أربع أنواع هي: استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد لاستخراج الحدود المجالية للتوسع العمراني؛ استخدام النماذج الديناميكية وتقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) لفهم أنماط التوسع العمراني المكانية والزمنية؛ استعمال النماذج الإحصائية للمساعدة على فهم آليات، وتأثيرات ومحددات التوسع العمراني مع محاكات التوسع المستقبلي باستخدام بعض النماذج كنموذج الخلايا الأوتوماتيكية (G. Shi et al., 2019). هذه الأدوات تمكن الباحثين والمخططين من جمع وتحليل البيانات بدقة أكبر، مما يساهم في تطوير فهم أعمق لعمليات التحضر وصياغة سياسات تخطيط حضري أكثر فعالية واستدامة.

رغم العدد الكبير من الأعمال التي اهتمت بظاهرة التوسع العمراني، لا تزال هناك تحديات رئيسية تواجه الباحثين والمخططين، خاصة في البلدان النامية (C. Li, 2014):

- نقص البيانات الجغرافية المكانية يشكل عائقاً كبيراً في الدول النامية بما فيها الجزائر، مما يصعب عملية رصد وتحليل التوسع العمراني بدقة. على عكس الدول المتقدمة التي تمتلك قواعد بيانات مفصلة عن استعمالات الأرض، تفتقر العديد من الدول النامية لهذه المعلومات الضرورية.
- جودة البيانات المستخرجة من صور الاستشعار عن بعد تؤثر بشكل مباشر على دقة دراسات التوسع العمراني. هذا التحدي يرتبط بشكل وثيق بمحدودية التقنيات المتاحة في بعض المناطق والإمكانات التكنولوجية لكل دولة ودرجة الحصول عليها.
- تعقيد النظم الحضرية، خاصة في المدن النامية يزيد من صعوبة التنبؤ باتجاهات التوسع. فتعدد العوامل المؤثرة وخاصة منها الاجتماعية يجعل من الصعب وضع نماذج دقيقة للتطور العمراني.
- النقص في الفهم الشامل لديناميكيات التوسع العمراني والعوامل الطبيعية والاجتماعية والاقتصادية المؤثرة فيه. هذا النقص في المعرفة يؤثر سلباً على دقة التحليلات والتنبؤات.
- أداء نماذج التوسع العمراني يتأثر بشكل كبير بعمليات المعايرة والتحقق وتصميم السيناريوهات. غالباً ما يتم إيلاء اهتمام أقل لهذه الجوانب الهامة، مما يؤثر على دقة النتائج.

في ضوء هذه التحديات، يصبح من الضروري تطوير وتبني أساليب بحثية معدلة ومبتكرة. هذه الأساليب يجب أن تهدف إلى تحسين فهمنا لعملية التوسع العمراني، مع الأخذ بعين الاعتبار خصوصيات كل منطقة وقيود البيانات المتاحة.

1. الإشكالية:

شهدت المدن الجزائرية نمواً حضرياً متسارعاً وغير منظم، مما أدى إلى نشوء تحديات متعددة الأبعاد. يعزى هذا التطور السريع إلى ارتفاع معدلات التحضر، الذي نتج بدوره عن سلسلة من التحولات الاجتماعية والاقتصادية والسياسية التي اعتمدها الدولة في إدارة شؤونها الداخلية.

تداخلت الأنماط المكانية للتوسع العمراني في المدن الجزائرية نتيجة لتطبيق سياسات عمرانية تقليدية وغير مدروسة (المناطق الحضرية السكنية الجديدة، التخصيصات السكنية)، في محاولة لاستيعاب موجة الهجرة الداخلية التي شهدتها البلاد في فترة ما بعد الاستقلال. نتج عن ذلك توسع عمراني ممتد اتسم بانخفاض الكثافة والاستهلاك المفرط للأراضي. أدى هذا التوسع إلى تجاوز الحدود المكانية المحددة في أدوات التخطيط العمراني (PUD، PDAU)، وذلك بسبب انتشار البناء الفوضوي الذي ساهم بدوره في زيادة تعقيد النسيج الحضري. تشير هذه الظواهر مجتمعة إلى الحاجة الملحة لدراسة وتحليل أنماط التوسع العمراني في الجزائر، بهدف فهم ديناميكيتها وتطوير استراتيجيات فعالة للتخطيط الحضري المستدام.

يعتبر فهم الظاهرة الحضرية هو أساس تحديد المشاكل وتقديم الحلول. يقودنا ذلك إلى أن تحليل الديناميكيات المكانية-الزمانية للتوسع العمراني تعد الخطوة المفتاحية لفهم آثار التحضر. وبالتالي، فإن الإحاطة بمختلف التقنيات والأساليب تعد الركيزة الأساسية لدراسة التوسع العمراني وتحديد خصائصه الزمانية والمكانية. تطور هذا المجال من مجرد رصد التغيرات إلى قياسها كمياً وتحليل أنماطها المكانية والزمانية. لتوصيف الأنماط المكانية بدقة، فهم تطورها عبر الزمن، مقارنة عناصرها، أو تفسير الاختلافات في هذه الأنماط إحصائياً، تُعد المقاييس الكمية التي تلخص خصائصها أمراً ضرورياً (Bulti et al., 2023).

تم تطوير وتطبيق عدة أساليب كمية لتحديد الأنماط المكانية والزمنية وديناميكيات التوسع العمراني، تختلف بينها حسب الغرض من الدراسة. كمثل لهذه المقاييس الكمية مؤشر زيادة الحجم، شدة التوسع (السنوي)، نسبة الأرض الحضرية ومعدل التوسع (السنوي) (Kantakumar et al., 2016; Zhang & Su, 2016). تتطلب هذه الأساليب الإحصائية توفر البيانات الكمية وأدوات الرصد، الرسم الخرائطي والتحليل. تجمع كل من تقنيات الاستشعار عن بعد وبرمجيات نظم المعلومات الجغرافية القدرة على رصد، رسم وتحليل البيانات بكفاءة، حيث تلعب تقنيات الاستشعار عن بعد دوراً حيوياً كمصدر للمعلومات، والتي

توفر منظورًا فريدًا لديناميات المكانية والزمنية المتغيرة للأنماط الحضرية. في المقابل، فإن العمليات التحليلية للمعطيات التي تتوفر عليها معظم برمجيات نظم المعلومات الجغرافية كإحصاء التغيرات في استعمالات الأرض من خلال عمليات التحليل المكاني والنماذج الإحصائية، تساعد في فهم عملية التوسع العمراني وتحديد أنماطه (Fan et al., 2009; Traore & Watanabe, 2017).

رصد التغير الزمني والمكاني للتوسع العمراني وتحديد أنماط المكانية لا يوفر الفهم الكافي للظاهرة. حيث يخضع التوسع العمراني كونه عملية معقدة ناتجة عن نشاط إنساني لتأثير مختلف العوامل الطبيعية، الاجتماعية والاقتصادية، والسياسية. فلا يمكن تفسير أنماط التوسع المكانية دون دراسة تأثير هذه العوامل التي تساهم بشكل مباشر في تحديد التوزيع المجالي للتوسع العمراني وتشكيل أنماطه المكانية (Braumoh & Onishi, 2007a; Z. Zhang et al., 2013; Dahal & Lindquist, 2018).

تم التطرق إلى العلاقة بين التوسع العمراني ومحدداته بشكل واسع حول العالم سواء في الدول المتقدمة أو النامية. يمكن تصنيف هذه الدراسات من حيث المقاربة المستعملة إلى دراسات كيفية ودراسات كمية حسب طريقة التحليل المستخدمة. تهدف البحوث الكيفية إلى تحليل العوامل الدافعة للتوسع العمراني من منظور السياسات (مثل التغير في السياسة العمرانية والقوانين)، والاقتصاد (مثل العولمة الاقتصادية)، والسكان (مثل الهجرة الداخلية) (Boukhemis & Zeghiche, 1990; Qu et al., 2020; F. ... Wu, 2001).

يمكن للبحوث الكيفية أن تفسر بشكل معمق آثار العوامل على التوسع العمراني من خلال التعمق في الأسباب التي غالباً ما ترتبط بالأشخاص (مثل أسباب تفضيل السكان لمنطقة عن غيرها في المدينة)، فالبحوث الكيفية بصفة عامة تتميز بتفسير معمق لآثار العوامل على التوسع العمراني، خاصة فيما يتعلق بسلوكيات المجتمع وتفضيلات السكان (مخلوف، 2023). ومع ذلك، من الصعب المقارنة بين الاختلافات بين العوامل من جوانب مختلفة ومواصلة تحليل التغييرات المكانية الزمنية للعوامل الدافعة في البحوث الكيفية. بالإضافة إلى ذلك، فإنها تتأثر بسهولة بالعوامل الذاتية البشرية، المعرفة الأساسية وحجم ونوع عينة الدراسة (Liu et al., 2020).

عكس ذلك، يمكن للبحوث الكمية قياس العلاقة بين التوسع العمراني وعوامله الدافعة. حيث تعتمد في تفسير العلاقة بين الأرقام، الإحصائيات، النسب وغيرها. تقتضي هذه النوعية من البحوث الموضوعية والصرامة العلمية وبالتالي تعتبر أكثر مصداقية، بالإضافة إلى قابلية نتائجها للمقارنة والتعميم (مخلوف، 2023). تمتلك كل من البحوث الكيفية والكمية القدرة على الوصول إلى نوع معين من النتائج، لكن لكل

منها بعض النقائص. وبالتالي فإن الجمع بين هذه المقاربتين يمكن أن يجمع بين التفسير الدقيق والفهم الأمثل للعلاقة بين التوسع العمراني ومحدداته. حيث يمكن استعمال الأساليب الكيفية لفهم وتوضيح النتائج الكمية.

تُستخدم مختلف أساليب التقييم المتعدد المعايير والأساليب الإحصائية لقياس العلاقة بين التوسع العمراني وعوامله الدافعة من خلال تحليل البيانات الكمية كالانحدار اللوجستي (LR)، الانحدار الثنائي (BR)، الانحدار الخطي المتعدد (MLR)، تحليل المكون الرئيسي (PCA)، وعملية التسلسل الهرمي التحليلي (AHP). يمكن لهذه الأساليب الإحصائية التعبير عن العلاقة بشكل رقمي، مما يسمح بمقارنة النتائج ومعرفة الفوارق في التأثير لكل متغير، إضافة إلى تحديد الاختلافات في ديناميكية العلاقة بين التوسع ومحدداته مع تغير الزمن (Liu et al., 2020).

من الناحية المنهجية، تعتمد الأبحاث الحالية غالبًا على مقارنة فردية (كيفية أو كمية)، مما يؤدي إلى نتائج محدودة وغياب التحليلات الشاملة. بالإضافة إلى ذلك، تركز معظم الأبحاث الحالية على الجوانب التاريخية للتوسع العمراني (Zhong et al., 2022)، مع وجود نقص في عمليات محاكاة مسارات التوسع العمراني المستقبلية في ظل سياقات سياسية مختلفة (Zhang et al., 2024). وبالتالي، فإن بناء تنبؤات مستقبلية للتوسع العمراني يعد خطوة مهمة لتحقيق التخطيط المستدام وتجنب المشاكل الناتجة عن التوسع الغير مخطط.

لعبت نماذج محاكاة تغير استخدامات الأراضي دورًا محوريًا في التخطيط الحضري بفضل قدرتها التنبؤية، حيث تعد هذه النماذج أداة فعالة في التخطيط والإدارة الحضرية إذ تمكن المخططين من إنشاء سيناريوهات متعددة لتوسع المدن واقتراح خيارات بديلة تمكنا من ترشيد استهلاك الأراضي وتنظيم استغلالها. نماذج يستطيع المخططون من خلالها استكشاف مسارات النمو المحتملة، مما يساعد في اتخاذ قرارات مستنيرة بشأن التطوير المستقبلي، كما تعزز هذه النماذج الحوار بين أصحاب المصلحة، مقدمة أساسًا موضوعيًا لمناقشة مستقبل المدينة. وبهذا، فإن نماذج محاكاة تغير استخدامات الأراضي لا تقتصر على كونها أداة تقنية فحسب، بل تشكل جسرًا بين الرؤى التخطيطية والواقع المتغير للمدن المعاصرة (Aburas et al., 2016).

استعملت العديد من النماذج لمحاكاة التوسع العمراني نذكر منها نموذج الأوتوماتا الخلوي، الانحدار اللوجستي، التحليل متعدد القرار... (Park et al., 2011)، كل من هذه النماذج يمتلك خصائص ومميزات لكن في نفس الوقت يمتلك مجموعة من العيوب (Aburas et al., 2016). تتميز النماذج

الديناميكية بالبساطة، القدرة على دمجها مع نماذج أخرى، وسهولة تفسير مخرجاتها من قبل الباحثين، في حين أن أهم نقاط ضعفها تتمثل في عدم قدرتها على إدراج العوامل السوسيو اقتصادية. فمثلا نموذج SLEUTH هو نموذج ديناميكي يمتلك قدرة كبيرة على النمذجة الحضرية¹ لكن يعاني من محدودية ادخال العوامل السوسيو اقتصادية (Aburas et al., 2019).

من جهة أخرى، نماذج تعلم الآلة مثل SVM و ANN تمتلك القدرة على استخلاص الارتباط بين التوسع العمراني وتغيير استخدام الأراضي، بما في ذلك العوامل الدافعة. ومع ذلك، فإن أداء هذا النموذج يعتمد على المعلمات المصممة بناءً على مجموعة بيانات محددة، مثل العوامل الاجتماعية والاقتصادية. لكن هذه النماذج تواجه صعوبة في تفسير الأوزان² المتعلقة بالعوامل القيادية للتوسع العمراني (Aburas et al., 2019).

لا يمكن لنموذج واحد تقييم العملية برمتها لتغيير أنماط استخدام الأراضي على نطاقات مختلفة (VERBURG et al., 2002)، لمواجهة هذه التحديات تم دمج مجموعة من النماذج لتحقيق التكامل وتقليل العيوب. تسمى هذه العملية **بالنمذجة الهجينة** حيث يستعمل أكثر من نموذج في نفس الوقت، كدمج نموذج الأوتوماتا الخلوي مع نماذج تعلم الآلة وسلسلة ماركوف. يسمح هذا النموذج الهجين بتحقيق التكامل بين حساب التغيير، إدراج مختلف العوامل الدافعة بما فيها العوامل السوسيو اقتصادية، كما يمتلك قدرات عالية على التنبؤ بالأنماط المستقبلية للتوسع (Arsanjani et al., 2013).

من خلال ما سبق فإنه من الضرورة اتباع نهج متكامل يجمع بين استخدام التقنيات المتقدمة للاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، ودمج العديد من العوامل المؤثرة في نماذج المحاكاة، وتطوير مقاربات متعددة تجمع بين التحليلات النوعية والكمية. هذا النهج يجب أن يأخذ في الاعتبار دراسة الديناميكيات التاريخية للتوسع العمراني كأساس لمحاكاة التوجهات المستقبلية، مع إنشاء نماذج تنبؤية تراعي السياقات السياسية المتنوعة. من خلال هذا النهج الشامل والمتكامل، يمكننا تحسين فهمنا للتوسع العمراني وتطوير أدوات أكثر فعالية للتخطيط الحضري المستدام، مما يساهم في مواجهة التحديات المعقدة التي يفرضها النمو الحضري السريع في الجزائر.

¹ النمذجة الحضرية هي نشاط تحديد، بناء وتطبيق النماذج لتمثيل الوظائف والعمليات التي تشكل التركيبة الحضرية من حيث استعمالات الأرض، النقل، السكان والعمالة، كما استعملت الدراسات المعاصرة النماذج لمحاكاة التوسع والنمو المستقبلي للمدن. تسمى هذه النماذج بنماذج النمو الحضري (Bhatta, 2010, p. 107).

² الأوزان في نماذج تعلم الآلة هي قيم رقمية تربط بين الخلايا العصبية في مختلف الطبقات. تشير هذه الأوزان إلى قوة واتجاه تأثير خلية على أخرى. عند مرور الإشارة عبر الشبكة، تتفاعل مع الأوزان لتحديد المخرج النهائي (-) (https://deepai.org/machine-learning-glossary-and-terms/weight-artificial-neural-network).

فالدراسات السابقة التي تعالج موضوع التوسع العمراني في الجزائر أغلبها أغفلت استعمال هذه المقاربات والأساليب، وبالتالي فإن إجراء دراسة تشمل هذه الجوانب أصبح أمراً ضرورياً لفهم أكثر لظاهرة توسع مجالنا الحضرية وتقديم حلول فعلية. اخترنا لهذه الدراسة مدينة ميله التي تمثل أحد أقدم المدن الجزائرية، والتي تأسست في العهد الروماني وتعاقبت عليها حضارات متعددة. توسعت خارج أسوارها خلال الاستعمار الفرنسي بإنشاء نواة استعمارية ذات تخطيط شطرنجي غرب المدينة القديمة.

بعد الاستقلال سنة 1962، شهدت ميله نمواً سكانياً متسارعاً نتيجة النزوح الريفي. تقام هذا النمو بعد ترقيتها لمركز ولاية سنة 1984، مما أدى إلى تسارع النمو الحضري وتغير شكل وحجم المدينة خاصة من حيث الأنماط السكنية المتمثلة في:

- المناطق السكنية الحضرية الجديدة (ZHUN)
- السكنات الجماعية
- التخصيصات السكنية
- البناءات الفوضوية

ساهمت التخصيصات السكنية بشكل كبير في توسع المدينة، خاصة بعد التسعينات مع تحرير السوق العقارية وإدخال فاعلين جدد في عملية إنتاج وتسيير هذه التخصيصات، كما لعب البناء الفوضوي دوراً رئيسياً في التوسع، حيث نشأت مجمعات سكنية في ضواحي المدينة بشكل غير مخطط على حساب الأراضي الزراعية. أدى التوسع الأفقي للنسيج العمراني إلى استهلاك معظم العقار الصالح البناء، وهو مورد نادر في مدينة ميله بسبب:

- طبيعة الطبوغرافية
- هشاشة الأرضية ومشاكل انزلاق التربة
- طبيعة الملكية العقارية ذات الطابع الخاص
- الاستخدام الزراعي للأراضي وحمايتها القانونية كثروة طبيعية وبيئية

هذا التطور العمراني أدى إلى تكون نسيج حضري متنوع من حيث أنماط البناء، الارتفاعات، الكثافة السكانية، وشكل الطرقات، متأثراً بالطبيعة الطبوغرافية والتكوينات الجيولوجية للمدينة.

تقادم الوضع أكثر بعد الفشل في إيجاد حلول للتوسع العمراني السريع لمدينة ميله، الذي تحول إلى مشكل يهددها من مختلف الجوانب الاجتماعية، الاقتصادية والبيئية. وبالتالي، فإن تطوير وتبني أساليب بحثية معدلة ومبتكرة تعوض التخطيط التقليدي هو أمر ضروري لتحسين فهمنا لظاهرة التوسع، وتقديم

توقعات استباقية لمختلف السيناريوهات الممكنة للتوسع المستقبلي للمدينة، مع الأخذ بعين الاعتبار خصوصيات كل منطقة وقيود البيانات المتاحة والتي سنأخذها بعين الاعتبار في تحديد الخيارات البديلة.

هذه الأساليب يجب أن تجمع بين القدرات العالية للرصد والتحليل لتحديد الخصائص المكانية والزمانية للتوسع، الأساليب الإحصائية لقياس العلاقة بين التوسع وعوامله الدافعة، والنمذجة الحضرية لمحاكات التوسع المستقبلي. هذا النهج يسمح بإرساء خطة محكمة تضمن توسع مستقبلي للمدينة يأخذ بعين الاعتبار مختلف التحديات التي يمكن أن تواجه المخططين وصناع القرار مستقبلاً، وتمنحهم الوقت الكافي لتبني سيناريوهات بديلة. في ظل هذه التحديات المجالية تدفعنا هذه الإشكالية إلى طرح التساؤل الآتي:

كيف يمكن تحليل وتفسير ديناميكيات التوسع العمراني من خلال دراسة علاقته بمحدداته (الطبيعية والسوسيو-اقتصادية والسياسية) لتحديد السيناريوهات المستقبلية والخيارات البديلة الأكثر استدامة في مدينة ميله؟

لتحليل هذا التساؤل قمنا بطرح مجموعة من التساؤلات الفرعية التالية:

- هل يوفر لنا قياس الخصائص المكانية والزمانية للتوسع العمراني وتحديد أنماطه في كل مرحلة القاعدة المعرفية لفهم واقع التوسع لمدينة ميله وتفسير توزيعه المجالي؟
- كيف نقيس كماً العلاقة بين التوسع العمراني ومحدداته الطبيعية، السوسيو-اقتصادية ومحددات السياسة العمرانية؟ وهل يتأثر التوسع العمراني بنفس المحددات في كل فترة زمنية مدروسة؟ وإن كان ذلك، فهل المحددات لها نفس قوة التأثير ونفس اتجاه العلاقة؟
- ما هو الخيار البديل للتوسع العمراني لمدينة ميله مستقبلاً؟

للإجابة على التساؤل الرئيسي طرحنا الفرضية الرئيسية التالية:

يساهم دمج تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية مع المؤشرات الكمية والنماذج الإحصائية في فهم العلاقة بين التوسع العمراني ومحدداته. مما يساهم في التخطيط المستقبلي المستدام من خلال نمذجته بالاعتماد على سيناريو (خيار بديل) يوازن بين المتطلبات الاقتصادية والاجتماعية المحافظة على البيئة.

للإجابة على التساؤلات الفرعية قمنا بضبط الفرضيات الجزئية التالية:

- لا يُمكننا قياس الخصائص المكانية والزمانية للتوسع العمراني وتحديد أنماطه المكانية من فهم واقع التوسع لمدينة ميله، حيث لا يملك القدرة على تفسير العلاقة بينه وبين عوامله الدافعة التي تحدد طبيعة توزيعه المجالي.
- تستطيع النماذج الإحصائية قياس العلاقة الكمية بين التوسع العمراني ومحدداته، وتعبّر عن قوة واتجاه هذه العلاقة، والتي تتغير مع الزمن بتأثير الظروف الاقتصادية والاجتماعية والقوانين والسياسات العمرانية.
- يمكننا اعتبار أن الخيار البديل للتوسع العمراني لمدينة ميله هو الذي يحقق شروط التنمية المستدامة من خلال تحقيق التوازن بين مختلف متطلبات السكان وحماية البيئة.

2. أهداف البحث:

الهدف الرئيسي للبحث:

يتمثل الهدف الرئيسي من البحث في تحديد خطوات منهجية متكاملة لفهم عملية التوسع العمراني في مدينة ميله وتخطيط توسعها المستقبلي والذي يقوم على مقاربات علمية تعتمد على عملية النمذجة التي تعتبر من المناهج الحديثة في دراسة ظاهرة التوسع العمراني.

وتتمثل الأهداف الثانوية في:

1. استكشاف العمليات والأنماط المكانية للتوسع العمراني باستخدام المقاييس المكانية والتقنيات التحليلية لنظام المعلومات الجغرافية.
2. تطبيق تقنيات احصائية لتحديد العوامل الدافعة للتوسع العمراني ومواطن القوة التفسيرية لكل منها، لمعرفة التأثيرات الديناميكية المكانية والزمنية للعوامل على التوسع العمراني لتوفير قاعدة معرفية حول كيفية مساهمتها في عملية التوسع.
3. المساهمة الفعالة في عملية تخطيط التوسع المستقبلي لمدينة ميله من خلال تقييم سيناريوهات متعددة واختيار البديل الأمثل.

3. الدراسات السابقة وتحديد الفجوة العلمية:

1.1. أوجه الاختلاف بين الدراسات السابقة:

تم دراسة التوسع العمراني من خلال مختلف الجوانب والتوجهات من خلال الحجم (M. Chen et al., 2015; Zeng et al., 2015; T. Xu & Gao, 2019; al., 2020)، الوثيرة (الشدة) (Al-Sharif et al., 2014)، النمط وأثره على البيئة (Yu & Zhou, 2018; Pravitasari et al., 2010; Y. Li et al., 2010).

(2017)، زيادة على التحولات الديموغرافية والتطور الاقتصادي (Sharifi & Hosseingholizadeh,)، (2019; Yue et al., 2014; Y. Zhang & Xie, 2019)، كلها عناصر ركز عليها هؤلاء الباحثين في تفسير وقياس ظاهرة التوسع.

بالمقابل ركزت دراسات أخرى مرتبطة بموضوع بحثنا على جوانب أخرى شملت الرصد والقياس الكمي، تحديد الخصائص الزمانية والمكانية، العوامل الدافعة وتأثيرها، الأنماط المكانية، النمذجة، والتنبؤ المستقبلي. لخصنا في الجدول رقم 1 بعض الدراسات التي اهتمت بالعلاقة بين المعايير والعوامل الدافعة الخاصة بالتوسع العمراني ونمذجته وهذا لفهم ظاهرة التوسع وتفسير توزيعها زمنيا ومجاليا.

جدول رقم 1: ملخص لمختلف الدراسات التي شملت مختلف خصائص التوسع العمراني وأساليب النمذجة في الدول المتقدمة والنامية مقارنة بالجزائر.

التوسع العمراني في الدول المتقدمة والدول النامية							
التنبؤ المستقبلي	النمذجة	العوامل الدافعة	الأنماط المكانية	تحديد الخصائص الزمانية والمكانية	القياس الكمي	الاستشعار عن بعد	الدراسات السابقة
			X	X	X	X	(Manesha et al., 2021)
	X	X				X	(Wu et al., 2018)
	X	X				X	(Braumoh & Onishi, 2007)
	X	X			X	X	(Xu et al., 2018)
X	X					X	(Guo et al., 2019)
X	X	X				X	(Al-sharif & Pradhan, 2015)
X	X	X				X	(Sajan et al., 2022)
	X	X			X	X	(Schuster-Olbrich et al., 2024)
			X	X	X	X	(Maimaiti et al., 2017)

المقدمة العامة

	X	X	X	X		X	(Herold et al., 2003)
X	X	X	X	X	X	X	(C. Li, 2014)
	X	X		X	X	X	(He et al., 2023)
X	X	X	X	X		X	(Liao & Zhang, 2023)
X	X	X			X	X	(Liu et al., 2023)
التوسع العمراني في الجزائر							
X	X	X				X	(Tahraoui et al., 2023)
	X	X				X	(Guechi et al., 2024)
X	X		X	X	X	X	(Fekkous et al., 2023)
				X	X	X	(Messaadi & Raham, 2020)
						X	(Dechaïcha & Alkama, 2020)
		X				X	(Bakour & Baouni, 2015)
		X					(Hangri & Foura, 2021)

المصدر: من إعداد الطالب.

من خلال مقارنة هذه الدراسات مع الدراسات التي أنجزت في الجزائر وبالاعتماد على العناصر الأساسية التي استعملت فيها والمتمثلة في التقنيات، المقاربات المنتهجة في دراسة الديناميكية الحضرية وفهم دوافع ومحددات التوسع وأساليب النمذجة والتي نذكر منها:

1. تطبيق تقنيات الاستشعار عن بعد:

ساهم تطور تقنيات الاستشعار عن بعد وتوفر متطلبات الوصول إليه في مختلف دول العالم على انتشاره بشكل واسع بين الباحثين وذلك لسهولة الوصول إلى المعطيات المجالية (مجانا)، تطور تقنيات معالجة الصور وتقنيات التصنيف عالية الدقة، سهولة الوصول إلى البيانات التاريخية لمختلف الظواهر. وبالتالي يعتبر وسيلة فعالة في إجراء البحوث كما هو الحال في الجزائر.

2. القياس الكمي:

تعتمد الكثير من البحوث على تقنيات كشف التغير في تحديد التحولات المجالية للتوسع العمراني سواء حول العالم أو في الجزائر. لكن هذه النتائج تعبر عن كمية التغير بشكل عام دون التفصيل. وبالتالي فإن استعمال المقاييس الكمية المختلفة لتحديد مقدار، سرعة، شدة التوسع وغيرها من المقاييس توفر قاعدة معرفية أولية تشير إلى الخصائص المجالية للتوسع العمراني.

3. الخصائص الزمانية والمكانية:

تشير أغلب البحوث في الجدول رقم 1 إلى الخصائص الزمانية والمكانية للتوسع العمراني في كلا القسمين، على أنها درجة التوسع عبر الزمن، لكن هذا المفهوم لا يعبر عن الظاهرة بشكلها الحقيقي. فمن خلال فصل هذه الخصائص يمكن الإشارة إلى الخصائص الزمانية على أنها المقاييس التي تعبر عن التوزيع المجالي للتوسع العمراني في مدة زمنية معينة حيث يمكن لمؤشر السرعة أن يربط العلاقة بين المساحة والزمن، كما يمكن قياسها كمياً.

من جهة أخرى، تشير الخصائص المكانية إلى توزيع التوسع العمراني مكانيًا وتحديد اتجاهاته. أغلب الدراسات السابقة التي شملت الجزائر، اقتصر تحديد الخصائص المكانية على وصفها من خلال ملاحظة الخرائط. عكس ذلك، فإن البحوث التي أجريت في الدول المتقدمة عملت على تحديد هذه الخصائص معتمدة على مختلف الأساليب الكمية من بينها Shannon entropy³.

4. الأنماط المكانية:

تختلف الأنماط المكانية عن الخصائص المكانية، فهي تعبر عن التوسع العمراني من حيث الاندماج، التجزئة، التعقيد، الانتشار، والتجمع وغيرها. تميل مختلف البحوث حول العالم إلى دراسة الشكل العمراني للتوسع العمراني من حيث أنماط استعمال الأرض كالملاء، القفز، التوسع الجانبي والتوسع الشريطي. رغم أهمية الشكل العمراني إلا أن الأنماط المكانية تقدم فهم أوسع، حيث يجمع كلا المفهومين ويساهم في فهم التوزيع المجالي للتوسع العمراني بشكل أعمق.

5. العوامل الدافعة:

تختلف الدراسات بين دول العالم والجزائر في المقاربة المستعملة في دراسة العوامل الدافعة للتوسع العمراني، وبالتالي تختلف هذه العوامل. تبنت مختلف الدراسات التي أشارت إلى العوامل الدافعة مقارنة كمية لقياس تأثير هذه العوامل على التوسع العمراني من خلال استعمال أساليب إحصائية متنوعة كالانحدار اللوجيستي والتحليل الهرمي...

تمثلت هذه العوامل عموماً في العوامل الطبيعية كالانحدار، الارتفاع، والبعد عن الأنهار وغيرها. العوامل السوسيو اقتصادية كالمسافة إلى مركز المدينة، الخدمات، الطرق... بالإضافة إلى الناتج المحلي الإجمالي، الدخل الفردي وغيرها. تعتمد هذه العوامل أساساً على مدى تطور المنظومة الإحصائية في البلد وتوفر قواعد البيانات، وبالتالي فهي معطيات غير متوفرة في الجزائر زيادة على عوامل السياسة العمرانية

³ Shannon entropy هو مقياس إحصائي بارز في تحليل العمليات المعقدة. يتميز بقدرته على كشف الجوانب غير الخطية في سلاسل النماذج، مما يوفر تفسيرات دقيقة للديناميكيات المعقدة عبر نقاط التحليل المختلفة. هذا المقياس يعزز فهمنا للأنظمة المعقدة وغير المتوازنة، ويقدم رؤى عميقة حول آليات عملها. نتيجة لذلك، أصبح Shannon entropy أداة قيمة في البحث العلمي وتحليل الأنظمة الديناميكية المعقدة، مساهماً في توسيع آفاق فهمنا لهذه الظواهر (Fekkous et al., 2023).

كمخططات التعمير والمناطق المحمية. يعتمد التعبير عن العلاقة بين التوسع العمراني وعوامله الدافعة في الجزائر بشكل أساسي على مقارنة كيفية تصف العلاقة بالاعتماد على الملاحظة في تحليل المحتوى وغيرها. كما أشرنا سابقا فإن هذه المقاربة لا تفسر العلاقة، كما لا تمتلك القدرة على تتبع التأثير زمنيا ولا يمكن مقارنة النتائج المتوصل إليها مع دراسات أخرى.

6. النمذجة:

تعتبر النمذجة من الأساليب الفعالة في دراسة الظواهر العمرانية، حيث تمتلك القدرة على محاكاة الظاهرة. ظهر الاستعمال الواسع للنماذج في الدراسات في الدول المتقدمة والنامية عكس الجزائر ويرجع السبب الرئيسي في أغلب الأوقات في استعمال المقاربة والمعطيات الكيفية التي يصعب نمذجتها.

7. التنبؤ والسيناريوهات المستقبلية:

كتبعات لعدم استعمال النمذجة التي تمثل أهم السبل لمحاكات التوسع الزمني والتنبؤ بالأنماط المستقبلية تعاني الدراسات الجزائرية النقص في مجال التنبؤ المستقبلي للتوسع وهذا رغم الحاجة الشديدة لهذا النوع من الدراسات في ظل المشاكل التي تعاني منها مدنها لاسيما في ظل ازمة نذرت العقار الصالح للبناء وتقشي البناء الفوضوي. عكس ذلك، فقد اتجهت دول العالم إلى تكثيف استعمال نماذج التنبؤ من خلال رسم سيناريوهات مختلفة تساهم في عملية اتخاذ القرار والتخطيط الحضري المستدام.

2.3. تحديد الفجوة العلمية في الدراسات السابقة:

تمكنت العديد من الدراسات من تعريف التوسع العمراني باستعمال علاقات رياضية حيث أن رصد هذه الظاهرة وتحديد خصائصها الزمانية والمكانية قد تطور بشكل كبير خلال العقدين الماضيين من خلال الاستعمال المكثف لتقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية سواء في الجزائر أو دول العالم (Herold et al., 2003; Maimaiti et al., 2017; Schuster-Olbrich et al., 2024) (Guechi et al., 2024; Fekkous et al., 2023). تسمح هذه التقنيات برصد التوسع العمراني بجانبه الزمني والمكاني، كالدراسة (Halder et al., 2021) التي أهتمت برصد التوسع العمراني لجنوب مدينة كولكاتا (إثيوبيا)، تمكن من خلالها الباحث من تحديد مقدار واتجاه التوسع ونسبه التي تؤثر على النمو الديموغرافي السريع. في دراسة أخرى، عمل الباحث (Akintunde et al., 2016) على رصد التوسع العمراني لمدينة جوز (نيجيريا)، مستعملا تقنيات الاستشعار ونظم المعلومات الجغرافية لكشف تغير المنطقة المبنية وتحديد اتجاهها في ثلاث فترات مختلفة. خلصت الدراسة إلى أن التوسع في مدينة جوز تميز بالتناوب بين الوتيرة البطيئة والسريعة متجها نحو جميع الجهات خاصة الجهة الجنوبية وعلى طول محاور الطرق.

تم التوصل إلى نتائج مشابهة في الجزائر، حيث تم تحديد ورصد الخصائص الزمانية والمكانية للتوسع العمراني. كدراسة (Dechaïcha & Alkama, 2020) التي عمل من خلالها على قياس الخصائص الزمانية والمكانية للزحف العمراني لمدينة بسكرة، باستعمال تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد. تمكن الباحث من تحديد مقدار التوسع ورصد اتجاهاته مع تحديد استخدامات الأرض التي تحولت إلى استعمال عمراني.

تشارك كل هذه الدراسات في هدفها النهائي وهو فهم الديناميكية الحضرية للتوسع العمراني، وتقديم قاعدة للتخطيط الحضري المستدام، حيث يمكن اعتبار هذه الدراسات وسيلة لتكوين فكرة عامة حول ديناميكية التوسع العمراني، لكن لفهم ديناميكية التوسع العمراني ينبغي ربطها بمختلف العوامل المؤثرة.

حاولت بعض الدراسات في الجزائر الربط بين التوسع العمراني وعوامله الدافعة. كدراسة (Bakour & Baouni, 2015) التي ربطت من خلالها التوسع العمراني لمدينة الجزائر العاصمة باستعمال مقارنة كيفية مجموعة من العوامل تمثلت في الحركية السكنية، التقسيم الإداري، وتوفر العقار. كما سبق وذكرنا أن استعمال المقاربة الكيفية تمكن من فهم العلاقة بين التوسع العمراني وعوامله الدافعة، إلا أن تفسير العلاقة وقياسها لتحديد قوتها واتجاهها يتطلب استعمال مقارنة كمية يمكن من خلالها بناء نموذج تنبئي للتوسع العمراني المستقبلي يدعم عملية التخطيط واتخاذ القرار.

عملت دراسة (Guechi et al., 2024) على إدراج مجموعة من عشر عوامل في نموذج تنبؤ هجين يجمع بين نظم المعلومات الجغرافية، تقنية التحليل الهرمي (AHP) وتقنية لترتيب التفضيل بالتشابه مع الحل المثالي (GeoTOPSIS)، بهدف بناء سيناريو للتوسع يحقق شرط التنمية المستدامة، حيث تمكنت الدراسة من بناء سيناريو وتحديد حدوده المكانية. رغم استعمال العديد من العوامل في نموذج التنبؤ إلا أنها في نفس الوقت أهملت مرحلة مهمة تتمثل في اختيار العوامل. يتطلب اختيار العوامل الدافعة المستعملة للتنبؤ قياس علاقتها بالتوسع العمراني لتحديد أوزانها والفصل في إدراجها في النموذج أو الاستغناء عنها. حيث ينبغي التركيز على إدراج أهم العوامل المؤثرة في عملية المحاكاة (Aburas et al., 2019; Hamdy et al., 2016). من جهة أخرى، يمكن انتقاد تقنية التحليل الهرمي كونها تقنية تعتمد على القرارات الذاتية للباحث في تحديد الأوزان.

في سياق النمذجة تم إجراء القليل من الأبحاث حول تطوير نموذج للتوسع العمراني في البلدان النامية (Hamad, 2019)، عكس البلدان المتقدمة (Thakur et al., 2020). استخدمت العديد من النماذج

التي تم انتقادها بشكل كبير من حيث محدوديتها في إدراج العوامل الدافعة كنموذج SLEUTH⁴ رغم كونه أحد أكثر النماذج استعمالاً حول العالم (Al-shalabi et al., 2013). علاوة على ذلك، تم استخدام عوامل دافعة مهمة تم استنباطها من الدراسات التطبيقية على نطاق واسع في النماذج الحضرية بناءً على السياق الحضري. ومع ذلك، فإن دراسات محدودة بررت اختيار العوامل بناءً على الأدبيات السابقة واختبرت الإحصاءات الخاصة بالمتغيرات المتعلقة بتأثير العوامل على التوسع العمراني، حيث أن المرونة في اختيار العوامل تجعل من الممكن تحقيق تنبؤ دقيق للتوسع المستقبلي للمدينة (Kim et al., 2020).

تشهد الجزائر نقص كبير في الدراسات النمذجة الحضرية بإدراج مختلف العوامل، كما أن الدراسات التي استعملت هذه الطريقة لم تقدم تبرير لاستعمالها سوا أنها استعملت في دراسات سابقة. استعملت دراسة (Fekkous et al., 2023) نموذج هجين يجمع بين الأوتوماتا الخلوي وسلسلة ماركوف للتنبؤ بالتوسع المستقبلي لمدينة باتنة. في هذه الدراسة أهمل الباحث إدراج العوامل الدافعة في النموذج رغم استعمالها كمبرر لتفسير الأنماط المستقبلية للتوسع. استعملت نفس الطريقة في دراسة (Tahraoui et al., 2023). يتم إهمال إدراج العوامل الدافعة في النماذج في الجزائر بسبب نقص المعطيات الكمية وصعوبة تحويلها إلى بيانات مجالية.

الملاحظ في هاته الدراسات هو إهمال إدراج العوامل الدافعة في النماذج بسبب نقص المعطيات الكمية وصعوبة تحويلها إلى بيانات مجالية.

من خلال تحليل النقائص في الدراسات السابقة تمكنا من تحديد ما يلي:

- دراسة ديناميكية التوسع العمراني تتطلب خطوات منهجية متتالية تنطلق من الرصد، القياس وتحديد الأنماط المكانية وتنتهي عند قياس العلاقة بين التوسع وعوامله الدافعة لبناء نموذج دقيق للتنبؤ المستقبلي.
- يتطلب فهم الديناميكية المجالية للتوسع العمراني ربطها بمختلف العوامل الدافعة ويشترط في اختيار هذه العوامل قبل إدراجها في النموذج التحقق احصائياً من تأثيرها على التوسع العمراني.
- تعاني الجزائر من نقص كبير في استعمال الأساليب الإحصائية والنماذج المتطورة لقياس تأثير العوامل الدافعة والتنبؤ المستقبلي عكس مختلف الدول النامية والمتطورة.

⁴ SLEUTH هو نموذج لمحاكات التوسع العمراني، يعتمد على نموذج خلايا الأوتوماتا. يعود أصل التسمية إلى طبقات بيانات المدخلات، أي الانحدار (Slope)، الغطاء الأرضي (Land cover)، الاستبعاد (Exclusion)، المدى الحضري (Urban extent)، النقل (Transportation)، و الظل الجبلي (Hillshade).

من أهم الدراسات التي تطرقت إلى منهجية شاملة لتحليل ونمذجة التوسع العمراني باستعمال محدداته، دراسة (C. Li, 2014) المعنونة بـ:

Monitoring and analysis of urban growth process using Remote Sensing, GIS and Cellular Automata modeling: A case study of Xuzhou city, China

(رصد وتحليل عملية النمو الحضري باستخدام نماذج الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية والأوتوماتا الخلوية: دراسة حالة لمدينة Xuzhou، الصين)

هدفت هذه الدراسة إلى اقتراح منهجية محسنة لرصد وتحليل عملية النمو الحضري لفهمها بشكل أفضل ودعم التخطيط الحضري الفعال نحو التنمية الحضرية المستدامة، مستخدمة مدينة (Xuzhou) الصينية كدراسة حالة. تم اقتراح طريقة محسنة لتصنيف صور الاستشعار عن بعد، وتطبيق مجموعة من المقاييس المكانية لقياس الأنماط الحضرية. استخدمت الدراسة نماذج الانحدار الجغرافي الموزون واللوجستي لاستكشاف العلاقات بين العوامل الدافعة وعملية النمو الحضري، كما طورت نموذج الأوتوماتا الخلوي (CA) لمحاكاة التطور التاريخي لعملية النمو الحضري وتقييم النمو المستقبلي. تم تصميم خمسة سيناريوهات لسنة 2020 تركز على استراتيجيات تنمية حضرية محددة، واقترحت الدراسة طريقة لتقييم ومقارنة هذه السيناريوهات لدعم عملية التخطيط الحضري، مشيرة إلى أن سيناريو التنمية المعتدلة قد يكون الأفضل لتحقيق أهداف الشكل الحضري المدمج والبيئة السكنية الجيدة والتنمية الفعالة بيئياً واقتصادياً.

بشكل عام، هناك فجوة تطبيقية في السياق الجزائري فيما يتعلق بالأنماط المكانية والزمنية للتوسع العمراني والتي يجب تسليط الضوء عليها في مدينة ميلة، وهي الأخرى تشكل فجوة مكانية تعاني من غياب الدراسات حول التوسع العمراني باستثناء بعض الدراسات التي ركزت على العقار الحضري وعلاقته بالتوسع العمراني (بوشلوش، 2017; Boukelouha & Labii, 2014).

كما تفتقر الجزائر بوصفها بلدا ناميا، إلى دراسات تقيس العلاقة بين التوسع العمراني وعوامله الدافعة وبناء نموذج لمحاكات والتنبؤ المستقبلي يعتمد على هذه العوامل لتحديد التوجهات المستقبلية. وفي الوقت نفسه، تتجاهل النماذج في الغالب دمج العديد من العوامل بسبب عدم توافر البيانات. كما يمكن الإشارة إلى أن اغلب الدراسات في مجال التوسع العمراني تفتقر إلى الشمولية، أي بالأحرى تركز على جانب دون الجوانب الأخرى وهي فجوة منهجية تم تحديدها.

باعتبار التوسع العمراني عملية معقدة ترتبط بالعديد من العوامل وتؤدي إلى مشاكل مستقبلية، فبالنظر إلى فهم ديناميكية التوسع العمراني وتخطيط الحلول المستقبلية يعتمد على دراسة شاملة تجمع

بين قياس الظاهرة كمياً وتحديد خصائصها المكانية والزمانية، قياس العلاقة بين التوسع ومحدداته، وفي الأخير نمذجة التوسع بالاعتماد على محددهات ضمن سيناريوهات متعددة لدعم عملية اتخاذ القرار.

كل هذه النقائص دفعتنا من خلال هذه الأطروحة إلى تحديد خطوات منهجية متكاملة لفهم عملية التوسع العمراني في مدينة ميلة وتخطيط توسعها المستقبلي من خلال الدمج بين مختلف الأساليب والتقنيات كالاستشعار عن بعد، نظم المعلومات الجغرافية، مؤشرات القياس الكمي، المقاييس المجالية، النماذج الإحصائية (الانحدار اللوجستي) ونموذج تنبؤ هجين يجمع بين الأوتوماتا الخلوي ونموذج تعلم الآلة المتمثل في الخلايا العصبية المصطنعة.

4. أهمية الدراسة:

ترتكز أهداف هذه الرسالة بشكل أساسي على تساهم هذه الدراسة بشكل أساسي في تحقيق الهدف 11 من أهداف التنمية المستدامة، والذي يركز على جعل المدن والمستوطنات البشرية شاملة وآمنة ومرنة ومستدامة. يمكن أن تشمل نتائج الدراسة جزءاً مهماً من الهدف الفرعي 3.11، والذي يدعو إلى تعزيز التوسع العمراني المستدام وتحسين القدرة على تخطيط وإدارة المستوطنات البشرية على نحو يحقق الأهداف التنموية المستدامة في جميع البلدان بحلول سنة 2030.

كما تتماشى الدراسة مع أهداف المخطط التوجيهي للتهيئة والتعمير من حيث المحافظة على الأراضي الزراعية والحماية من الأخطار، بالإضافة إلى تحديد الاحتياجات المستقبلية وتوجيه التوسع. عملنا على تحقيق هذا الهدف من خلال تحديد العوامل الاجتماعية والاقتصادية والطبيعية المحتملة التي تدفع التوسع العمراني في مدينة ميلة، والتي تم استخدامها في التنبؤ بأنماط التوسع العمراني المستقبلية إلى غاية سنة 2042. وبالتالي، يمكن للسلطات المحلية وصانعي القرار في مدينة ميلة التركيز على هذه العوامل في صياغة الخطط المستقبلية، مما يساعد في توجيه وضبط هذه العوامل مستقبلاً.

في الوقت نفسه، توفر خرائط التنبؤ المستقبلي للتوسع العمراني في مدينة ميلة رؤية واضحة للسياق المكاني، مما يساعد في التخطيط للتطورات المستقبلية. هذه الخرائط يمكن أن تكون أداة قيمة للمخططين الحضريين والمسؤولين في بلدية ميلة لاتخاذ قرارات مستنيرة حول استخدامات الأراضي والبنية التحتية، وتوزيع مختلف التجهيزات والمشاريع التنموية.

تماشياً مع ذلك، تقدم نتائج هذه الدراسة مساهمة تطبيقية ونظرية ومنهجية يمكن أن تكون مفيدة للتخطيط المستقبلي في مدينة ميلة خاصة، وفي المدن الجزائرية بشكل عام فهي توفر نموذجاً يمكن تطبيقه وتكييفه مع سياقات حضرية مماثلة في الجزائر.

علاوة على ذلك، تساهم الدراسة في تحسين فهم ديناميكيات التوسع العمراني في المدن الجزائرية، وتقدم منهجية متكاملة لدراسة هذه الظاهرة باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية والنمذجة الإحصائية، هذا النهج يمكن أن يساعد في سد الفجوة العلمية التي تم تحديدها في الدراسات السابقة حول التوسع العمراني في الجزائر.

أخيراً، تقدم هذه الدراسة أساساً علمياً يمكن الاعتماد عليه في وضع استراتيجيات التنمية الحضرية المستدامة في مدينة ميلة، مما يساهم في تحقيق أهداف التنمية المستدامة على المستوى المحلي والوطني.

5. المناهج المستعملة في الدراسة:

بناء على طبيعة الدراسة وأهدافها، تمكنا من تحديد أهم المناهج التي استعملناها لدراسة إشكالية التوسع العمراني في مدينة ميلة، حيث تم تقسيمها في دراستنا إلى رئيسية وثانوية كما يلي:

1.5. المناهج الرئيسية:

المنهج الوصفي والتحليلي: هذا المنهج أساسي لوصف وتحليل ظاهرة التوسع العمراني في مدينة ميلة. ساعد في تقديم صورة دقيقة عن الوضع الحالي للتوسع العمراني وتحليل خصائصه الزمانية والمكانية، استخدام لوصف الأنماط المكانية للتوسع وتحليل العوامل المؤثرة فيه.

المنهج الكمي: يعتبر هذا المنهج ضرورياً للقياس الكمي للتوسع العمراني بدقة حيث استخدم في تحليل البيانات المستخرجة من صور الأقمار الصناعية وتطبيق المقاييس المكانية لتحديد أنماط التوسع، كما ساعد في تحليل العلاقات الإحصائية بين التوسع العمراني وعوامله الدافعة.

منهج النمذجة والمحاكاة: هذا المنهج مهم جداً للتنبؤ بالتوسع العمراني المستقبلي، تم استخدامه لتطوير نموذج رياضي يحاكي عملية التوسع العمراني ويتنبأ باتجاهاته المستقبلية من خلال استخدام تقنيات مثل الخلايا الآلية (CA) ونماذج الانحدار.

منهج دراسة الحالة: يركز على دراسة مدينة ميلة كحالة خاصة للتوسع العمراني في المدن الجزائرية حيث يسمح بدراسة عميقة وشاملة لجميع جوانب التوسع العمراني في سياق محدد وفق الأهداف مما يوفر فهماً دقيقاً للظاهرة.

المنهج التاريخي: سمح بتتبع ديناميكية التوسع العمراني في مدينة ميلة عبر الزمن حيث ساعد في فهم السياق التاريخي والمستقبلي للتوسع العمراني وتحديد العوامل التي أثرت على تطوره عبر الزمن.

2.5. المناهج الثانوية:

المنهج الاستقرائي: كان الهدف منه استنباط نتائج عامة حول التوسع العمراني من خلال دراسة حالة مدينة ميله. حيث يسمح بتعميم النتائج المستخلصة من دراسة مدينة ميله على مدن جزائرية وأخرى مشابهة.

المنهج المقارن: يقارن نتائج دراسة التوسع العمراني في مدينة ميله مع دراسات مماثلة في مدن أخرى. ساعد في تحديد أوجه التشابه والاختلاف في تأثير العوامل الدافعة على التوسع العمراني، مما عزز فهم الظاهرة في سياق أوسع وزاد من مصداقية النتائج من خلال مناقشتها مقارنة مع الدراسات السابقة.

يربط هذه المناهج فيما بينها **المنهج التكاملي**، حيث جمع بين المناهج السابقة ودمجها في إطار متكامل. ساعد هذا المنهج في ربط نتائج الوصف والتحليل الكمي مع نتائج النمذجة، لتقديم فهم شامل لديناميكيات التوسع العمراني في مدينة ميله. كما ساعد في ربط النتائج بالسياق الأوسع للتخطيط الحضري والتنمية المستدامة.

استخدام هذه المناهج معا وفر إطارا منهجيا قويا لدراسة التوسع العمراني في مدينة ميله. ذلك من خلال تحليل الوضع الحالي، قياس التوسع بدقة، فهم وقياس علاقته مع العوامل المؤثرة، والتنبؤ باتجاهاته المستقبلية. هذا المزيج المتكامل من المناهج ساعد في تقديم نتائج علمية قوية يمكن الاعتماد عليها في التخطيط الحضري واتخاذ القرار.

6. وسائل البحث المعتمدة لجمع البيانات وتحليلها في الأطروحة:

❖ المقابلة:

تكمن أهمية إجراء المقابلة فيما يلي:

✓ **جمع بيانات غنية:** توفر فرصة للحصول على معلومات عميقة وفهم سياقات وآراء المشاركين.
✓ **المرونة:** يمكن تعديل الأسئلة أثناء المقابلة بناءً على ردود المشاركين، مما يسهل استكشاف مواضيع جديدة.

✓ **بناء الثقة:** تتيح للمحقق بناء علاقة مع المشاركين، مما قد يشجعهم على المشاركة بمزيد من الصراحة.

❖ تحليل المحتوى:

تشمل عملية تحليل المحتوى الاطلاع على مختلف الوثائق والمراجع والمخططات لجمع المعلومة.

تكمن أهمية تحليل المضمون فيما يلي:

✓ الوصول إلى مصادر متنوعة: يوفر إمكانية دراسة مواد مكتوبة، مثل التقارير، المقالات، والبيانات الإدارية، مما يعزز فهم الظاهرة المدروسة.

✓ دراسة السياق التاريخي: يساعد في فهم السياقات الاجتماعية والثقافية التي تؤثر على الموضوع محل البحث.

✓ تكامل البيانات: يمكن أن يكون وسيلة مكمل للبيانات المجمعة من أساليب أخرى، مما يعزز شمولية البحث.

❖ الملاحظة:

تكمُن أهمية الملاحظة في جمع المعلومات حول سياق الدراسة من خلال مراقبة أنماطه، تفاعل السكان معه، اتجاهاته...، تمكننا الملاحظة من:

✓ فهم السلوكيات في السياق البحثي: تسمح بجمع بيانات عن سلوك الأفراد في بيئاتهم الطبيعية دون تأثير خارجي.

✓ تسجيل الأنماط: يمكن أن تساعد في التعرف على الأنماط والسلوكيات التي قد لا تظهر من خلال الطرق الأخرى.

✓ توفير بيانات غير مشوهة: تتيح رؤية الأحداث كما تحدث بالفعل، مما يقلل من التحيز الناتج عن تفسيرات المشاركين.

❖ تحليل الإحصائيات:

تحليل الإحصائيات يلعب دوراً مهماً في عملية جمع البيانات، ومن أهميته:

✓ تفسير البيانات: يساعد في تحويل البيانات الخام إلى معلومات مفيدة، مما يسهل فهم الأنماط والاتجاهات.

✓ التنبؤ: يمكن استخدام الأساليب الإحصائية لتوقع النتائج المستقبلية بناءً على البيانات الحالية، مما يساعد في التخطيط واتخاذ القرارات.

✓ تقييم العلاقات: يُستخدم لتحليل العلاقات بين المتغيرات، مثل تحديد ما إذا كانت هناك علاقة بين العوامل المختلفة وتأثيرها على النتيجة.

✓ تقدير الموثوقية: يساهم في قياس مدى موثوقية البيانات ودقتها، مما يعزز ثقة الباحثين في النتائج المستخلصة.

✓ **تسهيل التواصل:** يساعد في تقديم البيانات بشكل واضح ومرئي، مما يسهل على الجمهور فهم النتائج والاستنتاجات.

✓ **دعم اتخاذ القرارات:** يوفر أساسًا قويًا لاتخاذ القرارات المستندة إلى الأدلة، سواء في الأبحاث الأكاديمية أو في التطبيقات العملية. و

كما استعملنا في بحثنا حزمة من البرامج كل منها لغرض معين تم ذكرها في الفصل الثاني والثالث.

7. تنظيم الأطروحة وهيكلها العام:

اعتمد الهيكل العام للأطروحة على طريقة (IMRAD)، تعرف على أنها منهجية فعالة ومركزة لكتابة البحوث العلمية، تحظى بشعبية متزايدة في الأوساط الأكاديمية العالمية. تتكون من أربعة أقسام رئيسية: المقدمة، الطريقة والأدوات، النتائج، والمناقشة. هذا الهيكل يساعد الباحثين على تنظيم أفكارهم وعرض بحثهم بطريقة منطقية ومتسلسلة (Cuschieri et al., 2019)، تتميز هذه الطريقة بتركيزها على الجانب التطبيقي والنتائج العملية، مما يتيح للباحث تقديم مساهمة أكثر قيمة في مجال تخصصه. كما أنها تسهل عملية تصفح البحث واستخلاص النتائج الرئيسية وهو ما يوفر الوقت والجهد لكل من الباحث والقارئ على حد سواء (Hartley, 2008).

مرونة هذه الطريقة IMRAD تجعلها قابلة للتطبيق في مختلف التخصصات والأعمال البحثية. فهي تسمح بإضافة أجزاء أخرى حسب الحاجة، مثل الملخص والفهارس، مع الحفاظ على الهيكل الأساسي للبحث. هذه المرونة تجعلها قادرة على التكيف مع التطورات المستمرة في مجال البحث العلمي.

تتلخص أهمية طريقة IMRAD في تحرير أطروحة الدكتوراه (Jirge, 2008; Hartley, 2008, 2008; Swales, 2004, 2017):

- التنظيم الهيكلي: توفر إطارًا واضحًا لتنظيم الأطروحة، مما يساعد الباحث على تقديم عمله بشكل منطقي ومتناسك.
- التركيز على الإسهام العلمي: تشجع على إبراز النتائج الأصلية للبحث ومناقشتها بعمق، مما يعزز القيمة العلمية للأطروحة.
- وضوح العرض: تسهل على لجنة المناقشة وغيرهم من الباحثين فهم واستيعاب محتوى الأطروحة بسرعة وفعالية.
- الكفاءة في الكتابة: تساعد الباحث على تجنب التكرار وتركيز جهوده على الجوانب الأساسية للبحث.

• التوافق مع المعايير الدولية: تضمن أن تكون الأطروحة متوافقة مع المعايير المعتمدة عالميا في كتابة البحوث العلمية.

تعد طريقة IMRAD أداة قيمة في تحرير أطروحة الدكتوراه، حيث تساعد على تقديم بحث منظم ومركز يبرز الإسهام العلمي للباحث بطريقة فعالة ومقنعة. هناك عدة أمثلة عن بحوث دكتوراه استعملت هذه الطريقة في نفس مجال دراستنا في العديد من الجامعات، منها: دراسة (C. Li, 2014) جامعة دورتموند (ألمانيا)، دراسة (Heidarinejad, 2017) جامعة دورتموند، (Seevarethnam, 2023) جامعة التكنولوجيا (ماليزيا)، دراسة (Muchelo, 2017) جامعة سيدني (أستراليا)...

بناء على طريقة IMRAD، تم تنظيم هذه الأطروحة في ستة فصول متكاملة، تشمل المقدمة والخاتمة. تعمل المقدمة كمدخل شامل للدراسة وتحدد بدقة إشكالية البحث وتناقشها في ضوء الدراسات السابقة، مما سمح لنا بتحديد الفجوة العلمية بوضوح. كما تم طرح أسئلة الدراسة وفرضياتها، ووضحنا الأهداف المرجوة والأهمية العلمية للبحث. إضافة إلى ذلك، تم تقديم لمحة عن المناهج المستخدمة وشرح هيكلية الأطروحة ملخصة في الشكل رقم 1.

يستعرض الفصل الأول مراجعة معمقة للأدبيات المتعلقة بالتوسع العمراني وأساليب تحليله ونمذجته. يهدف هذا الفصل إلى توفير أساس مفاهيمي متين في سياق تغير الغطاء الأرضي، التوسع العمراني، الشكل الحضري المستدام، وأسباب التوسع. كما يناقش بشكل نقدي مختلف أساليب الرصد والتحليل والنمذجة، مبرزاً نقاط قوتها وقيوبها، وذلك من خلال عرض للدراسات السابقة.

يركز الفصل الثاني على تقديم مجال الدراسة بشكل شامل حيث يبرز أهمية مدينة ميله ضمن السياق الوطني والمحلي، ويستعرض خصائصها التاريخية والطبيعية والسوسيو-اقتصادية، كما يقدم لمحة عن تطورها العمراني قبل عام 1987 ويصف بدقة البيانات المستخدمة في الدراسة.

يتناول الفصل الثالث بالتفصيل أساليب التحليل والنمذجة المعتمدة في البحث حيث يقدم شرحا شاملا للتقنيات المستخدمة، بدءا من تصنيف المراثيات الفضائية وكشف التغير وتقييم الدقة. ثم ينتقل إلى مناقشة الأساليب المستخدمة لقياس التغير الزمني والمكاني للتوسع العمراني وتحديد أنماطه. يتطرق الفصل أيضا إلى تقنية الانحدار اللوجستي لتحليل تأثير العوامل الطبيعية والسوسيو-اقتصادية على التوسع العمراني. وأخيرا، يناقش أساليب النمذجة المستخدمة للتنبؤ بالتوسع المستقبلي، مع تحديد ثلاثة سيناريوهات: التوسع الطبيعي، التوسع وفق المخطط التوجيهي للتهيئة والتعمير، وسيناريو نمط الحماية البيئية.

المقدمة العامة

يعرض الفصل الرابع نتائج الدراسة بشكل منهجي ودقيق، مستخدماً مجموعة من الخرائط والجداول والأشكال البيانية. يناقش هذه النتائج في إطار السياسة العمرانية الجزائرية، ويقارنها مع نتائج الدراسات السابقة، مما يسمح بتقديم تحليل عميق وشامل.

تختتم الأطروحة بخاتمة شاملة تجيب على أسئلة البحث وتلخص أهم النتائج. كما تقدم توصيات مبنية على نتائج الدراسة، وتناقش الصعوبات التي واجهت البحث. أخيراً، تطرح الخاتمة آفاقاً مستقبلية للبحث في هذا المجال.

الشكل رقم 1: تنظيم الأطروحة.



الفصل الأول:

مراجعة الأدبيات المتعلقة بالتوسع العمراني وأساليب
تحليله ونمذجته.

مقدمة الفصل:

في ظل النمو السكاني المتزايد والتحضر السريع الذي تشهده مدن العالم، أصبح توسع المدن وزيادة حجمها أمراً لا مفر منه، حيث تلعب المدن دوراً محورياً في التنمية الاقتصادية والاجتماعية لمناطقها الإقليمية، مما يجعل توسعها ضرورة حتمية. لكن هذا التوسع السريع غير المخطط يأتي بالعديد من التحديات والمشكلات البيئية والاجتماعية والاقتصادية، مثل التلوث وازدحام المرور وتدهور البنية التحتية وغيرها. لذلك، سعى العديد من الباحثين في مختلف المجالات إلى دراسة ظاهرة التوسع العمراني من جوانب متعددة، بهدف الوصول إلى حلول تساعد على التخفيف من الآثار السلبية لهذا التوسع وتحقيق تنمية حضرية مستدامة.

على الرغم من الكم الهائل من الدراسات التي تناولت موضوع التوسع العمراني للمدن، إلا أن مفهومه الدقيق لا يزال غامضاً إلى حد كبير. لذلك، فإن توضيح هذا المفهوم نظرياً وتمييزه عن المفاهيم المتداخلة معه يعد جزءاً أساسياً لفهم اتجاه الدراسة وأهدافها. بالإضافة إلى ذلك، يتطلب تحقيق أهداف البحث تحديد المنهجية المناسبة، وهو ما يستدعي تقييم مختلف الأساليب المستخدمة في الدراسات السابقة.

لقد شهدت الطرق والأدوات المستخدمة في دراسة التوسع العمراني وتحديد عوامله الدافعة تطوراً ملحوظاً عبر الزمن. ففي السنوات الأخيرة، أصبحت تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد والنمذجة المتقدمة تستخدم على نطاق واسع لتحليل التوسع العمراني وبناء نماذج لسيناريواته المستقبلية، مستفيدة من التطورات التكنولوجية الحديثة.

من خلال هذا الفصل، نسعى إلى وضع الأسس النظرية للدراسة من خلال توضيح المفاهيم الأساسية، وتقييم الطرق والأساليب المستخدمة في رصد وتحليل وبناء نماذج للتوسع العمراني، بالإضافة إلى استعراض أساليب النمذجة المختلفة وطرق بناء السيناريوات المستقبلية وتقييمها. ينقسم هذا الفصل إلى ثلاثة محاور رئيسية هي:

المحور الأول: نتطرق من خلاله إلى تحديد مختلف المفاهيم الأساسية المتعلقة بالتوسع العمراني وأسبابه، بالإضافة إلى توضيح العلاقة بين أشكال التوسع العمراني والتنمية المستدامة للمدن.

المحور الثاني: نشير فيه إلى التقييم النظري لمختلف طرق رصد، تحليل ونمذجة التوسع العمراني وعوامله الدافعة من خلال مقارنتها وتحديد نقاطها الإيجابية والسلبية .

المحور الثالث: نتطرق فيه إلى أساليب النمذجة المختلفة بسلبياتها وإيجابياتها، وطرق بناء السيناريوهات وتقييمها.

يهدف هذا الفصل إلى بناء القاعدة المعرفية اللازمة لفهم التوسع العمراني وتحديد عوامله الدافعة، بالإضافة إلى اختيار الأساليب والطرق المناسبة لرصد، تحليل ونمذجة التوسع المستقبلي للمدينة.

المحور الأول: مفاهيم أساسية.

مقدمة المحور:

تعد المفاهيم الأساسية المتعلقة بنمو المدن معقدة ومتداخلة فيما بينها، وذلك يعكس مدى تعقيد النظم الحضرية. فالعديد من الباحثين وصناع القرار يستخدمون هذه المفاهيم على أنها متماثلة وتعتبر عن نفس الظاهرة، إلا أنها في الحقيقة مختلفة.

تعتبر ظاهرة التوسع العمراني من القضايا الحيوية التي تؤثر بشكل مباشر على طبيعة حياة المجتمعات الحضرية. يبرز هذا التوسع كنتيجة حتمية للزيادة السكانية والنمو الاقتصادي السريع، مما يدفع المدن إلى التوسع في المساحات الحضرية بشكل متزايد. ومع ذلك، فإن هذا النمو غالبًا ما يكون عشوائيًا وغير مخطط له، مما يؤدي إلى تفشي الزحف العمراني الذي يهدد التوازن البيئي، ويزيد من التوترات الاجتماعية والاقتصادية.

تتعدد العوامل التي تسهم في هذه الظاهرة، من بينها الزيادة الطبيعية للسكان، والهجرة نحو المدن، والنمو الاقتصادي، مما يجعل فهم هذه العوامل أمرًا حيويًا لوضع استراتيجيات فعالة لمواجهة تحديات التوسع. يهدف هذا الفصل إلى استكشاف أسباب التوسع العمراني، وتصنيف أنماطه بين المدمج والزاحف، مع تسليط الضوء على الآثار البيئية والاجتماعية والاقتصادية المترتبة على هذا التوسع. إن هذا الجزء يمثل تقديمًا نظريًا يهدف إلى وضع الأساس لفهم أعمق لهذه الظاهرة، من خلال استعراض المفاهيم الأساسية والدراسات السابقة ذات الصلة.

1. التوسع العمراني، النمو الحضري، التحضر والزحف العمراني:

تعد المفاهيم الأساسية المتعلقة بنمو المدن معقدة ومتداخلة فيما بينها، وذلك يعكس مدى تعقيد النظم الحضرية. فالعديد من الباحثين وصناع القرار يستخدمون هذه المفاهيم على أنها متماثلة وتعتبر عن نفس الظاهرة، إلا أنها في الحقيقة مختلفة.

فعبارة "النمو الحضري" تشير إلى عملية مكانية وديمغرافية، كما تشير إلى الأهمية المتزايدة للمدن بوصفها مكان تركز للسكان ضمن اقتصاد ومجتمع معين (Clark, 2013)، كما يمثل أيضا الزيادة في الحجم المطلق لسكان الحضر حيث يمكن أن يشمل تجمعاً حضرياً أو عدة تجمعات (على سبيل المثال على المستوى الوطني) (Fox & Goodfellow, 2016). فالنمو الحضري بشكل عام هو الزيادة في الحجم السكاني للمدينة والذي يمكن أن ينتج عنه زيادة في مساحتها العمرانية.

أما عبارة "التحضر" فتشير إلى التحول التدريجي لسكان الريف إلى سكان حضريين (United Nations, 2015, p. 01)، فهو عملية اجتماعية واقتصادية معقدة تعمل على تحويل البيئة المبنية من ريفية إلى تجمعات حضرية مع تحويل التوزيع المكاني للسكان من المناطق الريفية إلى المناطق الحضرية، يتضمن تغييرات في المهن المهيمنة ونمط الحياة والثقافة والسلوك وبالتالي تتغير التركيبة الديمغرافية والاجتماعية لكل من المناطق الحضرية والريفية (United Nations, 2019, p. 03).

يمثل التحضر والنمو الحضري أكثر المصطلحات التي تشكل غموضاً بالنسبة للباحثين وصناع القرار، وذلك لارتباطهما ببعضهما وتشابه أسبابهما، فالمفهوم يتركز على الزيادة في عدد سكان الحضر، إلا أن التحضر هو عملية أكثر تعقيداً من النمو الحضري الذي يعبر عن الزيادة في سكان المدن بصورة مباشرة. فالتحضر يشمل التغيير في نمط الحياة، الأفكار، التصرفات، طبيعة العمل...، فهو انتقال السكان إلى بيئة جديدة تتميز بالابتكار والتنافسية الشديدة (Bhatta, 2010, p. 03). المفهوم الجديد للتحضر لا يتعدى مجرد الزيادة السكانية للتجمعات الحضرية، بل يتضمن أيضاً التحولات الناتجة عن الهجرة السكانية التي تنعكس على البنية الفيزيائية، الاقتصادية، الاجتماعية والسياسية للمجال الجغرافي الذي حدثت ضمنه العملية (C. Li, 2014, p. 09).

نتيجة لعملية التحضر السريع، تتسارع عملية التوسع العمراني للمدن، فعبارة "التوسع العمراني" تشير إلى التوسع المجالي أو الفيزيائي للمناطق العمرانية، حيث تعتمد ديناميكيات التحول المجالي على طبيعة التطورات المادية والكثافة السكانية التي تعززها (Bloch et al., 2015, p. 04). كما يمكن أن تشير إلى التوسع العمراني أيضاً على أنه الزيادة في المساحة المبنية لتجمع أو مجموعة من التجمعات (على

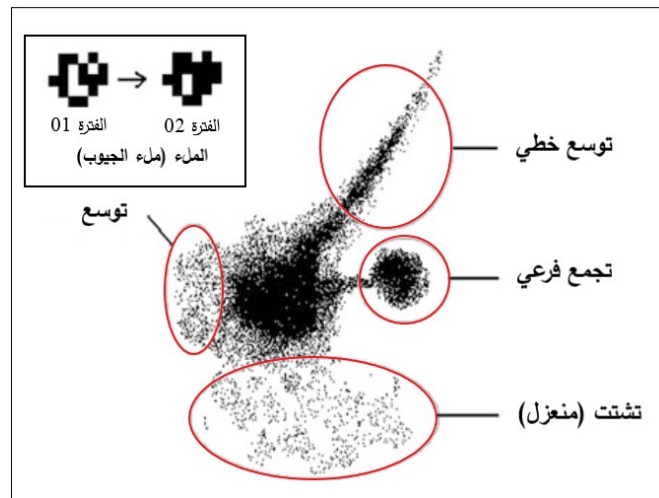
سبيل المثال على المستوى الوطني)، غالباً ما يصاحب هذا زيادة في حجم سكان الحضر (أي النمو الحضري)، ولكن ليس بالضرورة. يمكن أن يحدث النمو الحضري دون التوسع من خلال زيادة الكثافة السكنية؛ وبالعكس، يمكن أن يحدث التوسع العمراني بدون نمو حضري حيث يحدث خفض للكثافة السكانية في المدينة بحد ذاتها (الهجرة إلى الضواحي) (Fox & Goodfellow, 2016). فالتوسع العمراني هو عملية تنتج عن التغيير في استعمالات الأرض التي تحدث بفعل الإنسان (Feng et al., 2019).

من وجهة نظر أخرى، تم اعتبار التوسع العمراني كشكل من أشكال النمو الحضري، حيث اشير إلى النمو الحضري كمجموع الزيادة في مساحة الأرض الحضرية، لكن في بعض الأحيان يمكن للنمو الحضري أن يتحول إلى عملية سلبية تسمى "الزحف العمراني" (Bhatta, 2010, p. 10).

تستعمل مصطلحات النمو الحضري، التوسع العمراني والزحف العمراني بشكل مترادف في العديد من المجالات، إلا أنها مختلفة. فليس كل أشكال النمو الحضري هي عبارة عن زحف عمراني. حسب الباحث (E. H. Wilson et al., 2003) فالنمو الحضري يعبر عنه بثلاثة أشكال هي: الملء، التوسع المستمر والتوسع البعيد عن مركز المدينة؛ حيث ينقسم هذا الأخير بدوره إلى ثلاثة أقسام هي (الشكل رقم 2): التوسع المشتت، التوسع على شكل تجمع فرعي والتوسع الخطي.

في الواقع ليست كل أشكال النمو الحضري سلبية، فعملية ملء الجيوب الفارغة تمثل علاجاً للامتداد (Bhatta, 2012, p. 10)، إلا أنه في الحقيقة، يعتبر نموذج الزحف العمراني هو نموذج تطور المدن في السنوات الأخيرة (Bessy, 2000).

الشكل رقم 2: أشكال النمو الحضري.



المصدر: (Bhatta, 2012, p. 12)

يعاني مفهوم الزحف العمراني من الغموض حيث تناولته العديد من الدراسات من عدة جوانب، إلا أنه لحد الساعة لم يتم التوصل إلى تعريف موحد للزحف العمراني (Aguejedad, 2009; Angel et al., 2007; Antoni, 2003; Barnes et al., 2001; Bhatta, 2012; Johnson, 2001; Roca Sudhira & Ramachandra, 2007; Wilson et al., 2003 et al., 2004;) ففي دراسة نقدية تطرق (Galster et al., 2001) إلى مجموعة من الدراسات التي تناولت مفهوم الزحف العمراني، هذه الدراسات تميزت بالتنوع والاختلاف من حيث تناول المفهوم، فمنهم من أشار إلى الزحف العمراني على : (1) أنه أحد أنماط استعمالات الأرض، (2) عملية تطور عمراني، (3) سبب لسلوكيات خاصة لاستعمال الأرض و(4) نتيجة لأحد سلوكيات استعمال الأرض.

وبالتالي، فإن وجود تعريف دقيق للزحف العمراني مسألة متنازع فيها، فعموما يمكننا تعريفه على أنه نتيجة لعملية التعمير الغير المخطط، حيث يرتبط بالعديد من المشاكل في المجالات الاقتصادية والاجتماعية والبيئية (Dutta & Das, 2019, p. 260). فهذا الغموض الذي يحيط بمفهوم الزحف العمراني وضع الباحثين وصناع القرار في إشكالية لتحديد خصائصه، فقد حاول الباحثون في العديد من الدراسات وصفه من خلال عدة جوانب أو باستعمال عدة معايير كما هو موضح في الجدول رقم 2.

جدول رقم 2: مختلف جوانب الزحف العمراني من خلال الدراسات السابقة.

الفائدة	الكلفة	الديناميكية	المجال المفتوح	الكثافة	الوصولية	اللامركزية	الجانب الجمالي	الجانب الاجتماعي	النمو
			X						(Sudhira et al., 2004)
					X				(Club, 1998)
	X			X					(RERC, 1974)
				X					(Pendall, 1999)
				X					(R. B. Peiser, 1989)
						X			(Congress, 1995)
					X				(Malpezzi, 1999)
						X			(Lessinger, 1962)
				X					(Ledermann, 1967)
				X					(Lang, 2003)
					X				(J. Hasse, 2004)

(J. E. Hasse & Lathrop, 2003a)							X		
(J. Hasse & Lathrop, 2003b)			X	X	X				
(Gordon & Richardson, 1997)						X		X	X
(G. Galster et al., 2001)	X			X					
(G. C. Galster, 1991)		X		X					
(Farley & Frey, 1994)		X							
(R. Ewing, 1997)		X		X	X	X	X	X	X
(Duany et al., 2000)			X						
(Clapham, 2003)							X		
(Calthorpe & Fulton, 2001)			X						
(Burchell et al., 1998)	X		X		X	X			X
(Benfield et al., 1999)									X
(Bae & Richardson, 1994)						X			X
(Audirac et al., 1990)		X							

المصدر: (Torrens, 2008, p. 07)

من خلال الجدول رقم 2 يمكننا استنتاج أن الزحف العمراني يمكن دراسته من العديد من الجوانب حسب نظرة الباحث للظاهرة (سبب، نتيجة، نمط) وباختلاف مجال الدراسة، فالجدول يوضح أن الكثافة (كثافة سكانية، كثافة سكنية...)، تمثل أهم المعايير التي تعبر عن الزحف العمراني بالنسبة للباحثين.

تصف هذه المصطلحات فيما بينها رغم اختلافها عملية الزيادة في مساحة المدينة، هذه الزيادة في المساحة في شكل أنماط مختلفة تحدد الشكل العمراني للمدينة وتؤثر عليها من مختلف الجوانب الاجتماعية، الاقتصادية والبيئية. وبالتالي، فإن الشكل العمراني هو نتاج لعملية توسع عمراني يمكن أن تؤدي إلى مختلف المشاكل مما يتطلب التفكير في أشكال عمرانية أكثر استدامة.

2. الشكل الحضري والتنمية المستدامة:

يشير مصطلح التنمية المستدامة إلى "التنمية التي تلبي احتياجات الحاضر دون المساس بقدرة الأجيال القادمة على تلبية احتياجاتهم الخاصة" (WCED, 1987, p. 24). مفهوم المدن الحديثة ينعكس على مدى قدرتها على تحقيق أقصى قدر من الاتصال والتفاعل وتسهيل تبادل الأفكار ونشر المعرفة حيث توفر بيئة توازن بين استهلاك الطاقة والموارد واثارها على المحيط في رهانها لتحقيق الاستدامة (Rubiera & Garrido, 2020). إلا أن الحجم المتزايد للمدن والسكان هو سبب حتمي لظهور المشاكل، فاختلاف نمط الحياة والاستهلاك الغير عقلاني للأرض سواء في الدول المتقدمة أو النامية، يؤدي إلى استهلاك غير

متوازن للموارد وينتج أشكال حضرية بعيدة عن الاستدامة (Burgess, 2000). ولتقليل المشاكل الناتجة عن التحضر السريع، يعتبر التحكم في عمليات التعمير المتسارعة وتطبيق حلول مستدامة تقلل من استهلاك الموارد من خلال العمارة الخضراء أو العمارة المستدامة هي الطريقة الأمثل لترقية المدن وتحقيق التنمية المستدامة (Ribeiro et al., 2018).

إلا أن مفهوم التنمية المستدامة للمدن لا ينحصر ضمن المجال العمراني فقط، بل هو مفهوم شامل لمختلف المجالات التي تؤثر وتتأثر بالمدينة، فقد أقرت مختلف الحكومات والمنظمات أن التنمية المستدامة للمدن بالإضافة إلى الجانب البيئي، الاجتماعي والاقتصادي ترتبط أيضا بالجانب الديموغرافي والثقافي اللذان يخدمان دورهما أهدافها (Satterthwaite, 1997). فحاليا المدينة المستدامة هي التي توفر المتطلبات الأساسية للسكان كالوصولية إلى مختلف المرافق، الطاقة، النقل، السكن...، حيث يمثل الهدف الرئيسي لهجرة السكان نحو المدن هو البحث عن ظروف جيدة للعيش. ولتحقيق هذا الهدف ينبغي على المدن أن توفر مختلف متطلبات السكان الاقتصادية والاجتماعية وغيرها، لفترة طويلة وبطريقة عقلانية ومدروسة تضمن عدم استنفاد المصادر (Ribeiro et al., 2018).

فمصطلح المدينة المستدامة يشير إلى قدرتها على التوازن مع الطبيعة، وذلك من خلال توفير المساحة وأنماط البناء الموفرة للطاقة، ووسائل النقل ومواد البناء، والمحافظة على المياه تماشيا مع أهداف التنمية المستدامة (Eryildiz & Xhexh, 2012). فالمدينة التي تتكون من أحياء مترابطة وذات استعمال مختلط، تندمج في نظام حضري متعدد المراكز يعتمد بشكل أساسي على وسائل النقل العامة، بالإضافة إلى توفرها على المساحات الخضراء والمفتوحة التي توفر مناخ ثقافي واجتماعي متنوع، فهي المكان الأنسب للعيش والعمل من خلال توفيرها لبيئة صحية وأمنة للسكان (Eryildiz & Xhexh, 2012).

تعتبر العلاقة بين الشكل الحضري والاستدامة أحد الاهتمامات البيئية الرئيسية في الأبحاث الحالية، فحسب (Jenks et al., 1996, p. 11-12) هناك علاقة مهمة بين الشكل الحضري والتنمية المستدامة، على الرغم من أنها ليست بسيطة ومباشرة، فالربط بينها شكل تحديا كبيرا للباحثين وصناع القرار في ظل النقص الحاد في الأراضي بسبب المنافسة الشرسة على موارد الأرض المحدودة في المناطق الحضرية، التي تستهلك بشكل سريع نتيجة الزحف العمراني الذي يعكس الضعف في منظومة التنسيير (Chen & Chou, 2018).

تشير الأبحاث إلى أنه يوجد العديد من الأشكال الحضرية المستدامة، فقد اتفق الباحثون على أن تكثيف التنمية، تشجيع الاستخدامات المختلطة للأرض، احتواء الزحف العمراني وتحقيق التنوع الاجتماعي

والاقتصادي يعبر عن ما يوصف بـ "المدينة المدمجة" التي تتماشى مع أهداف التنمية المستدامة (Jenks & Jones, 2010, p. 01).

كما ذكرنا سابقاً، يمكن تصنيف التوسع الحضري على نطاق واسع إلى نوعين: التوسع الداخلي والخارجي، كل منهما قد يخلق نمطاً مكانياً مختلفاً. يتميز التوسع الخارجي بالامتداد، ويظهر التوسع الداخلي في شكل توسع مدمج للمدينة (Heidarinejad, 2017, p. 05). هناك العديد من الأنماط التي تعبر عن التوسع العمراني إلا أن النمط الممتد والنمط المدمج أو المرصوص هي الأنماط الأساسية والتي من خلالها تعرف الأنماط الأخرى (Abdullahi et al., 2017a, p. 07).

1.2. النمط الممتد (Sprawl pattern):

تظهر العديد من الدراسات أن الشكل والنمط الحضري يؤثر بشكل ملحوظ على الاستدامة الحضرية، خاصة الاستدامة الاجتماعية والبيئية (Al-sharif et al., 2017, p. 61). فالوتيرة المتزايدة لتوسع المدن وفق نمط الزحف العمراني هو مصدر قلق في جميع أنحاء العالم، بسبب المشاكل الناتجة عنه (بيئية، اجتماعية واقتصادية) حيث يشكل أكبر تحدي للاستخدام المستدام للأرض (Hennig et al., 2016, p. 16). فالزحف العمراني هو النمط الممتد لاستعمالات الأرض المختلفة حيث تفصل بينها مساحات مفتوحة وأراضي خالية (Abdullahi et al., 2017b, p. 35). فالاستخدام غير الفعال للأراضي الذي يحدث في المدن الممتدة (الزاحفة) من خلال الكثافة المنخفضة، التنمية الحضرية المتناثرة دون تنظيم كبير النطاق أو تخطيط إقليمي فعال (Gavrillidis et al., 2019, p. 67) يتعارض مع مساعي الحفاظ على الأراضي الزراعية والأهداف الاجتماعية المسطرة، وبالتالي يشكل تهديداً للاستدامة (Haber, 2007).

تطرقت العديد من الدراسات إلى انعكاسات ونتائج الزحف العمراني على مختلف الأصعدة: الكلفة الاجتماعية للمتمد (Freilich & Peshoff, 1997)، تأثير الزحف العمراني على جودة الهواء (Cappelli et al., 2021)، تأثيره على الصحة العمومية (Frumkin, 2002)، تأثيره على توزيع مياه الشرب (Pierce et al., 2019)، التشوهات في المناظر الطبيعية وتأثيره على البيئة (Hardi et al., 2020)، وغيرها من الدراسات الحديثة والقديمة التي تثبت أن النمط الزاحف هو نمط غير مرغوب لتوسع المدن.

النمط الزاحف للمدن هو نتاج للعديد من التحولات الاجتماعية والاقتصادية، ظهر في القرن الـ 19 في أوروبا وتحديداً في بريطانيا نتيجة للثورة الصناعية، والتي ساهمت بشكل كبير في ارتفاع الكثافة السكانية للمدن خاصة مدينة لندن التي فاق عدد سكانها 1,1 مليون نسمة سنة 1800. فعرفت المدينة ظهور الطبقة

المتوسطة والتي توطنت على حدود المدينة لتوفر الظروف الملائمة للعيش (سكن، عمل، مبادلات تجارية)، بعيدا عن المدينة الأم التي أصبحت أكثر أهمية اقتصاديا مع مرور الوقت. فوسط المدينة هو مكان النخبة والنبلاء حيث الوحدات الإنتاجية، أما الضاحية فهي السبيل الوحيد للتوسعات الجديدة (Chris et al., 2007, p. 7-10). كذلك الأمر بالنسبة للولايات المتحدة الأمريكية التي شهدت هجرة داخلية للسكان مع بدايات القرن الـ 19، والتي أصبحت أكثر حدة في القرن الـ 20. ظهرت المدن الزاحفة في أمريكا بظهور وسائل النقل وتوسع شبكاتها نحو ضواحي المدن، وارتفاع مداخيل السكان التي مكنتهم من اقتناء السيارة الفردية والتي ساهمت بشكل كبير في توسع المدن نحو الضاحية. عكس المدن الأوروبية التي عرفت في نفس الفترة نقص في امتلاك السيارة الفردية، تدني مدخول الأسر، نقص الاستثمار في شبكات النقل والالتزام بتنمية المدن العالية الكثافة (الدمجة) بالاعتماد على الوحدات الكبرى للسكن (Chris et al., 2007, p. 13).

ظهر مصطلح الزحف العمراني أول مرة في أمريكا خلال المؤتمر الوطني للمخططين في وادي تينيسي سنة 1937، حيث اعتبر (Earle Draper) أن المدينة الزاحفة تشوه الريف، بالإضافة إلى كونه نمط توسع غير اقتصادي بالنسبة للخدمات ويؤثر على الترابط الاجتماعي (Wassmer, 2002). فرغم أن مصطلح الزحف العمراني ظهر منذ قرن إلا أنه لا يوجد تعريف دقيق له. غالبا ما يعرف الزحف العمراني بالاعتماد على أربع خصائص لاستعمالات الأرض وهي (الشكل رقم 3): الكثافة المنخفضة، التبعثر أو القفز، التطور الشريطي للنشاط التجاري و نمط استخدام واحد للأرض (Balta, 2016; Basu, 2005; Burchell et al., 1998; Ebrahimpour-Masoumi, 2012; Ewing, 1997; Idowu et al., 2018; Pařil et al., 2021; R. Peiser, 2001; Torrens, 2008; Urbietta et al., 2019; Zhang, 2019).

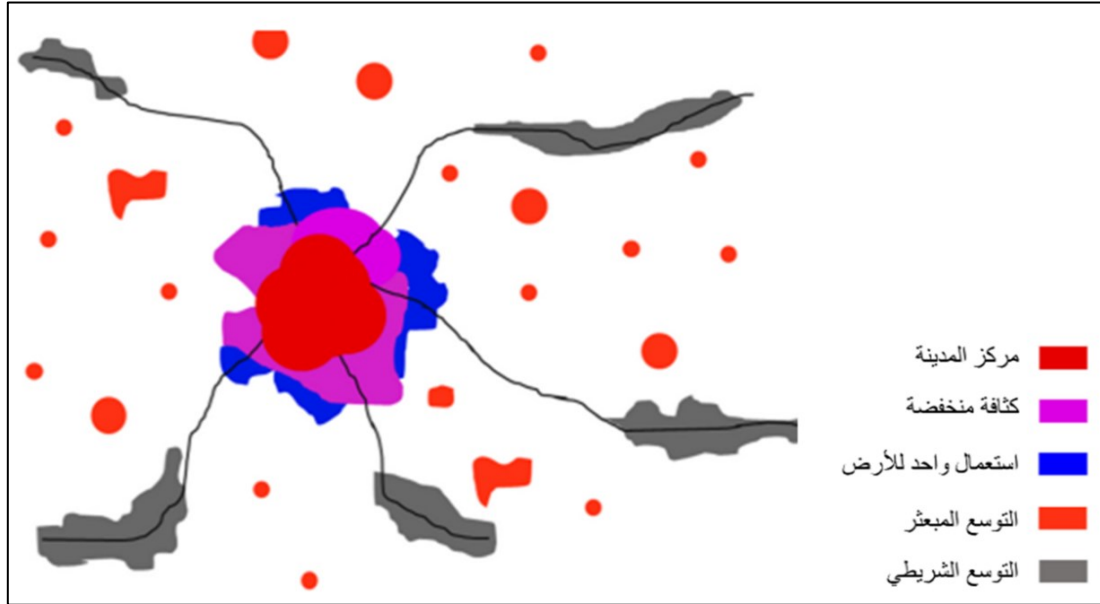
النمط المبعثر هو شكل من أشكال التوسع الذي يتميز بوجود فراغات في النسيج العمراني، يسمى بالنمط القافز إذا كانت هذه الفراغات عبارة عن انقطاع في استمرارية النسيج الحضري، حيث يتميز بالبعد عن التجمع الحضري، انخفاض سعر الأرض، يمثل أسوأ انماط الزحف لارتفاع كلفة توصيل الطرق والشبكات، بالإضافة إلى الاستهلاك الكثيف للأراضي الزراعية والطاقة من خلال استعمال السيارة الفردية وتشويه المناظر الطبيعية (Noor et al., 2014, p. 02).

الكثافة المنخفضة هي مؤشر رئيسي آخر للزحف العمراني، يعبر عنها بنسبة تركيز السكان أو المساكن في رقعة جغرافية، إلا أن الكثافة السكنية تعبر أكثر عن الزحف العمراني لأنها تعبر عن الحالة الفيزيائية لاستعمال الأرض من قبل السكان (G. Galster et al., 2001).

التطور الشريطي للنشاط التجاري هو نمط آخر للزحف العمراني، فهو امتداد للنشاط التجاري في ملكيات فردية توازي مع محاور الطرق، حيث تتوزع المحلات التجارية ومحطات الوقود، حيث تتميز بتوفر مواقف السيارات الواسعة والتنوع التجاري (J. T. Ewing et al., 1995).

أما الجانب الأخير فيتمثل في الاستعمال الواحد للأرض والاعتماد الكلي على السيارة الفردية للتنقل، ظهر هذا النمط كاستجابة لمشاكل المدينة الصناعية لتخفيف الآثار الناتجة عنها ولتوفير احتياجاتها وفق تشريعات تعتمد على التطبيق (Rossi-Hansberg, 2004, p. 70)، كما أنه نتيجة للاستغلال السكني العشوائي للأراضي على أطراف المدينة (Nechyba & Walsh, 2004, p. 189).

الشكل رقم 3: أشكال الزحف العمراني.



المصدر: (Chetry, 2023)

فالزحف العمراني هو ظاهرة غير مرغوبة تنعكس سلباتها على العديد من المجالات (الاقتصادية، الاجتماعية والبيئية)، فلا يمكن للمدينة الزاحفة تحقيق الاستدامة. عكس ذلك، يمثل الشكل الحضري المدمج أفضل خيار لنمو المدن، لأنه الشكل الحضري الذي يحمي الأراضي الزراعية والثروات الطبيعية، كما يؤدي إلى استغلال أكثر كفاءة للأرض الحضرية من خلال الاستعمال المختلط للأرض واستعمال وسائل النقل البديلة (النقل العام، الدراجة الهوائية...) عوض السيارة الفردية، والذي ينعكس إيجابيا على الصعيد الاقتصادي، الاجتماعي والبيئي (Jenks & Jones, 2010, p. 02). فالشكل الحضري المدمج هو الشكل الحضري الذي يتوافق مع شروط تحقيق التنمية المستدامة.

2.2. النمط المدمج (Compact pattern):

لقد ظهر مصطلح "المدينة المدمجة" أول مرة في دراسة للباحثين (Dantzig, G and Satty, T) سنة 1973 (L. Gu & Chen, 2013, p. 172)، حيث تم النظر إليه كحل بديل للمشاكل الاجتماعية، الاقتصادية والبيئية الناتجة عن الزحف العمراني (Abdullahi et al., 2017b, p. 43). فالعديد من الباحثين يعتبرون النمط المدمج هو نمط مستدام (Bibri et al., 2020; Brand, 2000; Burton, 2002; Frey, 2003; Hillman, 1996; Holden & Norland, 2005; Mouratidis, 2018; Nadeem et al., 2021; Thomas & Cousins, 1996). يتميز النمط المدمج باستمرارية النسيج الحضري بكثافة مرتفعة مع الربط الكثيف لشبكة النقل وسهولة الوصول إلى مختلف الخدمات وأماكن العمل. يساهم هذا النمط في التقليل من استعمال السيارة الفردية واستهلاك الطاقة، بالإضافة إلى دوره في الحد من التلوث واستهلاك مواد البناء والمساحات الخضراء الطبيعية (Shastri, 2021).

عرف العديد من الباحثين المدينة المدمجة من حيث خصائصها، إلا أنه لا يوجد تعريف مقبول للمصطلح إلى حد الساعة، فالمدينة المدمجة تشير إلى التركيز الكثيف للمباني والسكان والوظائف الحضرية (Burgess, 2000; Kotharkar et al., 2014; Nijkamp & Rienstra, 1996) المكثف للنقل العمومي الذي يتميز بالفعالية والتنظيم (Arbury, 2005; OECD, 2012; Polit, 2010)، الاستعمال المختلط للأرض (Burton, 2002; Chhetri et al., 2013; Solarek, 2011)، سهولة الوصول إلى مختلف الوظائف الحضرية (Chhetri et al., 2013; Gasidlo, 2017; OECD, 2012)، وضع حدود للتنمية الحضرية (Arbury, 2005; Polit, 2010; Solarek, 2011)، تشجيع وسائل النقل البديلة كالمشي واستعمال الدراجة الهوائية (NUP, 2015; Polit, 2010; B. Zhou & Yu, 2011).

غالبا ما تستعمل ثلاث مؤشرات لوصف وقياس المدينة المدمجة وهي: تنوع استعمال الأرض، الكثافة والشدة (Abdullahi et al., 2017b; Burton, 2000, 2002; J. Lin & Yang, 2006) حيث تحمل هذه المؤشرات تأثيرات إيجابية وسلبية بالنسبة للجوانب الاقتصادية، الاجتماعية والبيئية للتنمية المستدامة.

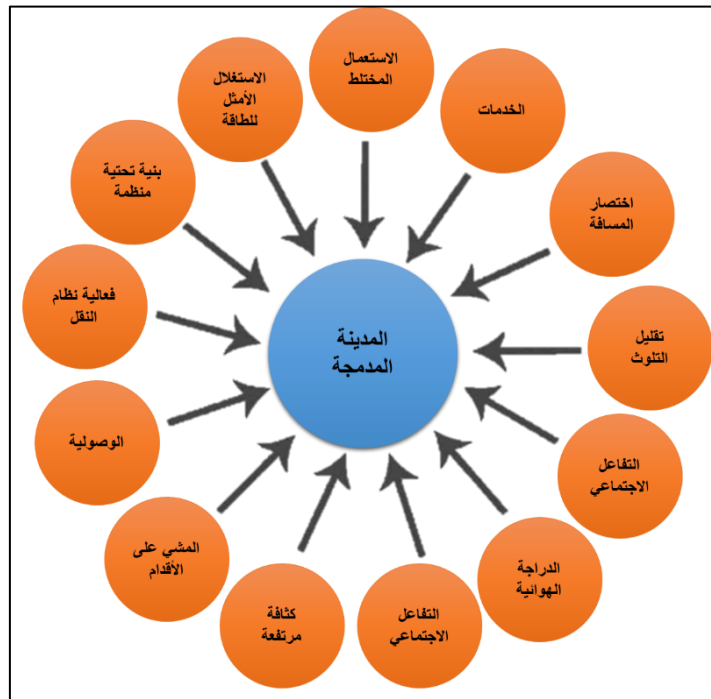
تساهم الكثافة المرتفعة من المنظور الاقتصادي في زيادة الإنتاج وتسهيل إدارة استعمالات الأرض، فالتركز الكبير للخدمات والمؤسسات الاستثمارية يرفع المردودية الإنتاجية ويساهم في خفض تكلفة البنى التحتية ويرفع من كفاءتها. تؤثر أيضا المدينة المدمجة على العديد من الجوانب الاجتماعية، فالتركز الكبير

للخدمات وتنوع استعمالات الأرض تؤدي إلى تحسين جودة الحياة، بالإضافة إلى تعزيز الأمن وخفض معدل الجريمة (Abdullahi et al., 2017b, p. 51-52).

فالمدينة المدمجة من الناحية البيئية تحافظ على الأراضي الزراعية والمساحات الطبيعية من خلال الرفع من الكثافة والتنمية المركزة، كما تشجع الكثافة المرتفعة وتنوع استعمالات الأرض على التنقل عن طريق المشي أو باستعمال الدراجة الهوائية نظرا لقرب وسهولة الوصول إلى مختلف الوظائف الحضرية، كما تشجع المدينة المدمجة استعمال النقل العمومي الذي يتميز بكفاءة عالية من حيث الوصلية والكلفة، ويساهم بشكل فعال في تقليل استعمال السيارة الفردية والخفض من استهلاك الطاقة وتقليل التلوث الجوي (Abdullahi et al., 2017b, p. 51-52). يعبر الشكل رقم 4 عن أهم خصائص المدينة المدمجة.

تمتلك المدينة المدمجة أيضا بعض السلبيات التي نتجت عن التجمع الكثيف لمختلف الوظائف الحضرية والبنى التحتية، فقد أظهرت الدراسات بعض المشاكل المتعلقة بارتفاع الكثافة، كارتفاع أسعار السكنات ومحدودية مساحتها، زيادة احتمالية الإصابة بالاكنتاب، النقص في المساحات الخضراء، زيادة معدل الجريمة (Burton, 2000)، الازدحام والاكنتاظ (Howley, 2009). فتحقيق الاستدامة الحضرية من خلال شكل حضري مستدام يتطلب تحقيق التوازن بين إيجابيات الأنماط الحضرية التي تراعي مختلف الجوانب مع الحد من تأثيراتها السلبية.

الشكل رقم 4: خصائص المدينة المدمجة.



المصدر: من انجاز الطالب.

3. أسباب التوسع العمراني:

تعد أسباب النمو الحضري والتوسع العمراني متماثلة تقريبا وذلك نتيجة ارتباطهما، فالتوسع العمراني هو ترجمة للزيادة السكانية للمدينة عبر الزيادة في مساحتها العمرانية بطريقة متراسة أو غير متراسة (زاحفة) (Bhatta, 2010, p. 17) حيث يوضح الجدول رقم 3 أسباب التوسع العمراني التي يمكن أن تنتج الشكل الزاحف أو المرصوص.

فبالاعتماد على ما توصل اليه الباحث (Aguejdad, 2009)، يمكننا تلخيص أسباب التوسع العمراني في الشكل رقم 02.

جدول رقم 3: أسباب التوسع العمراني التي يمكن أن تنتج الشكل الزاحف أو المرصوص.

التوسع الزاحف	التوسع المدمج (المرصوص)	أسباب التوسع العمراني
X	X	النمو السكاني
X		القرارات المستقلة
X	X	النمو الاقتصادي
X	X	التصنيع
X		المضاربة واحتكار الأرض
X		المنازعات القانونية
X		الطبيعة الجغرافية للأرض
X		الضرائب
X		تكلفة المعيشة والسكن
X	X	النقل
X		عرض الطرق
X		البناء الفردي ومساحة القطعة الأرضية
X	X	السياسة العمرانية والرقابة

المصدر: (Bhatta, 2010, p. 18)

1.3. النمو السكاني:

إن أهم أسباب التوسع العمراني تتمثل في الزيادة السكانية لسكان الحضر وفق عاملين هما: الزيادة الطبيعية للسكان والهجرة نحو المناطق الحضرية. فالزيادة الطبيعية هي الزيادة في عدد المواليد بصورة أكبر من عدد الوفيات. أما الهجرة فهي إقامة فرد أو أسرة أو مجموعة لفترة زمنية طويلة في مكان جديد عوض

المكان الأصلي للإقامة. تتم عملية الهجرة على المستوى الوطني (الهجرة الداخلية) بين المجال الريفي الحضري أو الحضري أو كلاهما ضمن حدود البلد، وتعتبر أكثر أهمية من الصنف الثاني المتمثل في الهجرة الدولية التي تعرف تزايداً ملحوظاً، وتشمل كل من هجرة اليد العاملة، اللاجئين والمهاجرين الغير شرعيين (Bhatta, 2010, p. 19).

غالباً ما يتم تفسير الهجرة الداخلية من خلال عواملها الدافعة، فتدهور الأوضاع الاجتماعية والاقتصادية للسكان في مكان الإقامة الأصلي تدفعهم للهجرة نحو أماكن جديدة توفر ظروف أحسن (Bhatta, 2010, p. 19). فالتغيرات الاقتصادية والاجتماعية التي تحدث في المناطق الحضرية جعلت المدن أكثر جاذبية، كما أدت التغييرات في المناطق الريفية إلى تحرير العمالة الزراعية وسرعت وتيرة الهجرة الجماعية للناس من الريف إلى المدن. فهجرة السكان تعتبر أهم أسباب النمو الحضري الذي يؤدي في معظم الأحيان إلى توسع مجالها العمراني (M. J. White & Lindstrom, 2005, p. 316).

2.3. القرارات المستقلة:

إن المنافسة بين القطاع الخاص و/أو الحكومة في تلبية المتطلبات التنموية وفق توقعاتهم المستقبلية، خاصة في ظل غياب الرقابة والتطبيق الصارم لمخططات التعمير، يؤدي إلى استقلالية وعشوائية في اتخاذ القرارات التنموية التي تخدم المصالح الخاصة وتنتج مجالاً عمرانياً غير منظم وتوسعات عشوائية غير مخططة (Bhatta, 2010; Knaap & Hopkins, 2001; Tewolde & Cabral, 2011).

3.3. النمو الاقتصادي:

إن توسع وتطور البنية الاقتصادية خاصة ارتفاع الدخل وتوفير مناصب الشغل يساهم بشكل مباشر في زيادة الطلب على السكن ومساحة المسكن، فالطلب المتزايد يشجع المستثمرين في القطاع السكني على الرفع في وتيرة الإنتاج السكني والبنى التحتية لمواكبة الطلب، تنعكس هذه الممارسات على النسيج العمراني بشكل سلبي من حيث الاستمرارية والتلاحم، فمواكبة الطلب في فترة زمنية محدودة يؤدي إلى التطور السريع للنسيج العمراني بدون التخطيط المحكم والتنسيق بين مختلف الفاعلين (Siedentop & Fina, 2012).

4.3. التصنيع:

إن إنشاء الوحدات الصناعية في ضواحي المدن يستلزم مساحات واسعة من الأراضي لتوفير السكن والخدمات للعمال والتي تشغل غالباً أكبر نسبة من مساحة الأرض، فالتحول من النشاط الزراعي إلى النشاط الصناعي يتطلب توفير المزيد من السكن الحضري (Nadon-Roger, 2022). تمثل الصناعة أحد أهم أسباب الزحف العمراني بسبب التوسع المنخفض الكثافة للتجمعات الصناعية ذات الطابق الواحد والمحاطة

بمواقف السيارات الواسعة، رغم قدرتها على الرفع من الكثافة خاصة بالنسبة للصناعات الخفيفة والتجارة بزيادة عدد الطوابق. يبقى السبب الرئيسي الذي يفسر هذه الممارسات مجهولاً، فربما الزحف الصناعي سببه انخفاض اسعار الأراضي (Bhatta, 2010).

5.3. المضاربة واحتكار الأرض:

إن توقع اتجاه التنمية والنمو المستقبلي للمدينة من خلال سياسات الدولة في عمليات التعمير، تشجع المضاربين وملاك الأراضي على حيازتها واحتكارها، وذلك نتيجة لتوقع ارتفاع سعرها المحتمل ومدى ملاءمتها لاستيعاب النمو في حال وجود برامج تنموية تشملها، تنعكس هذه التصرفات على استمرارية النسيج الحضري وديناميكيته وتؤدي إلى امتداده (J. Zhang et al., 2020).

6.3. المنازعات القانونية:

تمثل المنازعات والمشاكل القانونية أحد عوائق التوسع العمراني المنظم والمستمر للمدينة، فمشاكل الملكية العقارية والمخالفات العمرانية وغيرها تؤدي إلى ترك مساحات شاغرة داخل النسيج العمراني كما يمكنها أن تكون عائقاً في وجه توسع المدينة في اتجاه معين (Owusu Ansah & Chigbu, 2020).

7.3. الطبيعة الجغرافية للأرض:

يتحكم العامل الجغرافي للأرض في الشكل الحضري واستمرارية النسيج العمراني من خلال التضاريس، الشبكة الهيدرولوجية...، فأحياناً يتخذ التوسع العمراني الشكل الزاحف نتيجة للطبيعة الطبوغرافية للأرض والتي تعتبر غير ملائمة للتوسع المستمر (W. Wu et al., 2019).

8.3. الضرائب:

تتخذ الدولة على عاتقها مد البنى التحتية وإنشاء المرافق العامة داخل المدينة، إلا أن كلفة الإنشاء ترتفع باتجاه الريف. وبالتالي تم الاعتماد على نظام الضرائب لتمويل هذه المشاريع والتي ينبغي أن تكون مرتفعة على أطراف المدينة إلا أنها العكس، فمعظم الأحيان تكون الضريبة في المركز أعلى من الضريبة في الضاحية الأمر الذي يشجع التوسع العمراني نحو الضواحي (Brueckner & Kim, 2003).

9.3. كلفة الأرض

إن تكلفة المعيشة والأرض ترتفع كلما اقتربنا من مركز المدينة على عكس اتجاه الريف حيث تنخفض التكلفة، وبالتالي فهو محفز لعمليات التوسع والزحف نحو الريف الذي يكلف أقل مقارنة بمركز المدينة، فرغم سعي معظم السكان للاستقرار داخل المدن إلا التوجه إلى أطراف المدينة يمثل فرصة ملائمة اقتصادياً للسكن والبدائل الأفضل للسكان ذوي الدخل المتوسط لبناء سكن ميسور التكلفة (Zhao, 2013).

10.3. النقل والطرق:

تلعب شبكة المواصلات دورا محوريا في التنمية الحضرية والتوسع العمراني. فخطوط النقل هي الشرايين الرئيسية التي تربط المدن بالمناطق الريفية والأحياء المجاورة، كما تعتبر من أهم العوامل الدافعة للتوسع العمراني، خاصة التوسع الخطي على جوانب الطرق. تعد شبكة المواصلات بمثابة شريان الحياة بالنسبة للمدن ومحيطها، حيث تعمل كمحرك رئيسي للاقتصاد الحضري وحركة اليد العاملة والبضائع (Shi et al., 2019).

لذلك، يعد تطوير شبكة المواصلات وتحسين جودتها أمرا ضروريا لضمان تنمية حضرية مستدامة. على الجانب الآخر، يتطلب التوسع العمراني الخطي على جوانب الطرق اتخاذ مبادرات من قبل الجهات المعنية لوقفه من خلال سياسات وقوانين تحد من تطوره (Bhatta, 2010, p. 24).

بالنسبة للتوسع العمراني العمودي والمتراص للمدن، فهناك معايير تقنية معينة يجب توفرها لتحقيق ذلك. فالبناء المرتفع يتطلب سهولة الوصول إلى الموقع، وبالتالي فإن ضيق الطرق هو السبب الرئيسي الذي يمنع البناء العمودي ويؤدي إلى هدر المساحة من خلال التوسع الأفقي غير المخطط. تعاني معظم الدول النامية من مشكلة ضيق الطرق والتوسع الأفقي العشوائي الذي يستهلك الأراضي بسرعة وبطريقة غير عقلانية، وذلك بسبب ضعف أنظمة التخطيط والإدارة الحضرية في توقع الاحتياجات المستقبلية وتخطيط شبكات طرق أوسع. كما أن الجهود المبذولة لتوسعة الطرق غالبا ما تقشل بسبب ضعف القدرات الاقتصادية لهذه الدول على تحمل تكاليف التعويضات المقدمة لأصحاب العقارات، بالإضافة إلى التعقيدات والقيد القانونية (Bhatta, 2010, p. 25).

11.3. البناء الفردي ومساحة القطعة الأرضية:

تواجه مراكز المدن العديد من التحديات التي تحد من توفر السكن الملائم لجميع الأسر، كارتفاع أسعار العقارات وندرة الوحدات السكنية الشاغرة، خاصة في البلدان النامية (Mathur, 2014). هذه العوامل تدفع الأسر إلى البحث عن المساكن في أطراف المدينة حيث تتوفر مساحات أكبر وأسعار أقل للملكية.

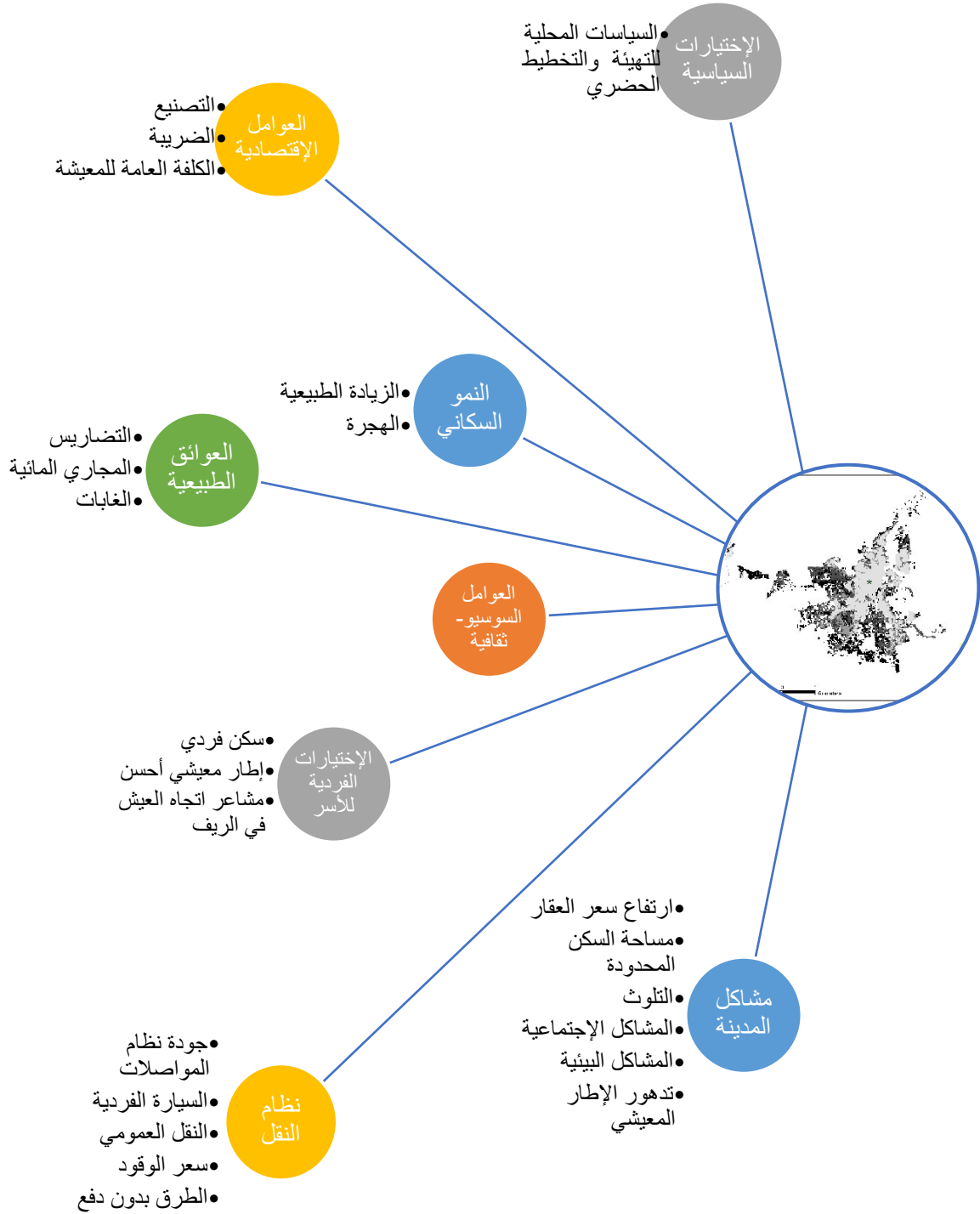
تعتبر أطراف المدن المكان الأنسب لامتلاك مساكن واسعة للأسرة أو حتى عدة وحدات سكنية لكل زوج، وذلك نظرا لانخفاض تكاليف الملكية وتوفر المساحات الشاغرة. ومع ذلك، فإن هذا النمط من التوسع العمراني الأفقي منخفض الكثافة يؤدي إلى زيادة الضغط على البنية التحتية والخدمات العامة، ويساهم في استنزاف الموارد الطبيعية والأراضي الزراعية ويشجع على استعمال السيارة كوسيلة للنقل (Litman, 2016).

لذلك، يجب على صانعي السياسات والمخططين العمرانيين إيجاد حلول مبتكرة لتوفير السكن الملائم والميسور التكلفة للأسر في مناطق قريبة من مراكز المدن، مع الحفاظ على الكثافة السكانية المناسبة واستخدام الأراضي بشكل أكثر كفاءة واستدامة.

12.3. السياسة العمرانية والرقابة:

تمثل السياسات العمرانية الأساس الذي من خلاله يتم برمجة المشاريع والمخططات التنموية، ينبغي أن تدعم السياسة العمرانية بجملة من القوانين والهيئات الرقابية التي تسهر على التطبيق والتقيد بتعليمات القانون، كما تمثل الجهة المكلفة بتنسيق العمليات بين مختلف الفاعلين. فالتناسق والتنسيق في تطبيق السياسة، وعدم الاستقادة من التجارب السابقة قد يؤدي إلى الزحف العمراني (Kim et al., 2020). فمثلا سياسة التقسيم التي تؤدي إلى فصل استخدامات الأرض (صناعي، خدمي، سكني...)، يشجع على استخدام السيارة الفردية والرفع من استهلاك الطاقة والموارد واستهلاك المجال كما يتسبب في زيادة نسبة التلوث، على عكس الاستخدام المختلط للأرض الذي يعتبر سياسة مستدامة والحل الأمثل للزحف العمراني (Villaseñor et al., 2017).

الشكل رقم 5: عوامل الزحف العمراني.



المصدر : (Aguejidad, 2009, p. 43)

خلاصة المحور:

اتضح أن التوسع العمراني هو ظاهرة معقدة تتطلب تحليلاً دقيقاً للأسباب والعوامل المؤثرة فيها. فقد أظهر هذا المحور أن النمو السكاني، التصنيع، وتغيرات سوق العمل تمثل محركات رئيسية للتوسع الحضري، مما يساهم في ظهور أنماط متنوعة من النمو، سواء كانت مدمجة أو زاحفة.

رغم الفوائد الاقتصادية المحتملة، فإن التوسع الزاحف غالباً ما يؤدي إلى مشاكل مثل تدهور البيئة، نقص المساحات الخضراء، وزيادة الاعتماد على السيارات، مما يؤثر سلباً على جودة الحياة. لذلك، يجب على صانعي السياسات التخطيط بعناية لتجنب هذه المخاطر، من خلال اعتماد سياسات عمرانية تشجع على الاستخدام المختلط للأراضي وتعزيز وسائل النقل العامة.

إن تحقيق التنمية المستدامة يتطلب نهجاً تكاملياً يضمن تنسيق الجهود بين جميع الأطراف المعنية، مما يمكّن المجتمعات من التكيف مع التحديات الحضرية المتزايدة ويعزز من رفاهية السكان. من خلال تنفيذ استراتيجيات فعالة، يمكننا بناء مدن مستقبلية قادرة على الاستجابة لاحتياجات الأجيال القادمة مع الحفاظ على بيئتنا ومجتمعاتنا.

هدفنا من خلال هذا المحور إلى تبني النقاط الأساسية التي تساهم في تقدم بحثنا. وذلك من خلال عرض العوامل الرئيسية المؤثرة في التوسع العمراني، مثل النمو السكاني والهجرة، فضلاً عن تحليل الأنماط المختلفة للتوسع سواء المدمجة أو الزاحفة. كما قمنا بتسليط الضوء على الآثار الاقتصادية والاجتماعية والبيئية الناتجة عن هذه الظواهر، مما يعكس أهمية التخطيط الحضري الفعال والاستراتيجيات المستدامة. نأمل أن يساهم هذا العرض النظري في توفير إطار عمل قوي لفهم التحديات الحضرية، وفتح آفاق لمناقشة الحلول الممكنة التي تعزز من جودة الحياة في المدن وتحقق التنمية المستدامة.

تتطلب دراسة التوسع العمراني مجموعة من الأساليب والتقنيات المتنوعة لفهم أبعاد الظاهرة بشكل شامل. فهي توفر رؤية متكاملة تربط بين المعطيات الكمية والتجارب النوعية، مما يساعد في اتخاذ قرارات مدروسة تدعم التنمية المستدامة وتوجهات التخطيط العمراني. هذا ما سيتم عرضه في المحور الثاني من هذا الفصل.

المحور الثاني: مراجعة أدبية لأساليب تحليل التوسع العمراني:

مقدمة المحور:

يعتبر التحليل الزمني والمكاني لظاهرة عمرانية من أهم الطرق التي تساعد على فهمها والإحاطة بها من مختلف الجوانب، وبالخصوص ظاهرة التوسع العمراني التي تمثل تحدياً للباحثين والمسيرين، فهي ظاهرة مستمرة، متغيرة وغير مستقرة زمانياً ومكانياً حيث تهدف هذه الجزئية من الدراسة إلى تحديد طرق، الأساليب التقنية والمنهجية لرصد وتحليل التوسع العمراني ومحدداته.

تعد عملية رصد الغطاء الأرضي وتحليل التوسع العمراني من المواضيع الأساسية في دراسات التخطيط الحضري والبيئة، حيث تساهم في فهم ديناميات التغيرات الحاصلة في استخدامات الأراضي. تعتمد هذه العمليات بشكل رئيسي على تقنيات الاستشعار عن بعد، التي تقدم معلومات دقيقة عن أنواع الغطاء الأرضي وموقعه وتغيراته على مر الزمن. تستخدم أساليب التصنيف المتعددة، بما في ذلك التصنيف الموجه وغير الموجه، بالإضافة إلى خوارزميات مثل التصنيف الاحتمالي الأقصى، لتحليل بيانات الصور الفضائية.

تمثل المقاييس المكانية أداة قوية لفهم أنماط التوسع الحضري، حيث تمكن من قياس التنوع والثراء والتركيبة المكانية للغطاء الأرضي. كما تلعب المحددات الطبيعية والسوسيو-اقتصادية والسياسات العمرانية دوراً محورياً في تشكيل اتجاهات التوسع، مما يتطلب تحليلاً ديناميكياً لفهم كيفية تفاعل هذه العوامل.

تتعدد الأساليب والتقنيات المستخدمة في هذا المجال، مما يجعل دراسة التوسع العمراني والتحليل المكاني موضوعاً غنياً ومتعدد الأبعاد، يستدعي جهود الباحثين والمخططين لفهمه وتطويره بشكل مستدام.

1. رصد تغير الغطاء الأرضي:

يتم تعريف الغطاء الأرضي من خلال الخصائص الفيزيائية والمتمثلة في المكونات السطحية والباطنية للأرض وهي التضاريس، التربة، الكائنات الحية، المياه السطحية والجوفية والهياكل البشرية (Ramankutty et al., 2006). يعتبر رصد التغير في الغطاء الأرضي ومراقبته من أهم الطرق لفهم، تفسير وتحليل مختلف المشاكل الاجتماعية، الاقتصادية والبيئية، والتوصل إلى مختلف الحلول لمعالجتها (Abd El-Kawy et al., 2011; Dewan & Yamaguchi, 2009b; Foody, 2002; C. Li, 2014). وبالتالي فإن جودة المعطيات التي تعكس مكونات الغطاء الأرضي وكفاءة الآليات لتحليل تغيراته تشكل الركيزة الأساسية للإحاطة بمختلف الظواهر الحضرية، حيث تسمح المعطيات الدقيقة للغطاء الأرضي بتمثيل ظاهرة التوسع العمراني في شكل خرائط، فمن خلالها يمكن دراسة التوسع العمراني زمنياً ومكانياً وتخطيط التوسع المستقبلي في إطار أهداف محددة مسبقاً.

يمكن جمع المعطيات المتعلقة بالغطاء الأرضي من خلال أربعة آليات والمتمثلة في:

- الاستشعار عن بعد عن طريق صور الأقمار الصناعية والصور الجوية.
- الاستطلاعات العينية.
- البيانات الإدارية.

الاستشعار عن بعد هو أداة وتقنية لجمع البيانات الجغرافية باستخدام مستشعرات متطورة تعتمد على خوارزميات رياضية لقياس المسافة والموجات الكهرومغناطيسية التي تعكسها المكونات السطحية للأرض ثم القيام بتحليلها ومعالجتها وإخراجها في شكل صور (Bhatta, 2010, p. 50). الصور الجوية وهي عبارة عن صور بيضاء وسوداء أو ملونة تم التقاطها بألة تصوير من طائرة أو منطاد أو مروحية، حيث تمثل مصدر بيانات مكلف مقارنة بالاستشعار عن بعد. كما تمثل الاستطلاعات العينية طريقة أخرى لجمع المعلومات حيث تعتمد على اختيار عينات تمثيلية لمنطقة وتعميم النتائج دون اللجوء إلى استطلاع المنطقة بأكملها وتعد هذه الطريقة فعالة في مساحات الصغيرة، وتتناقص دقتها كلما كبرت المساحة بالإضافة إلى ارتفاع التكلفة (Heidarinejad, 2017, p. 09). بالإضافة إلى البيانات الإدارية والتي تتمثل في مختلف المخططات والإحصائيات التي يتم جمعها من قبل الهيئات الإدارية في مختلف المجالات (تجهيزات، سكن، سكان...) من خلال استطلاعات ميدانية واستطلاع السجلات والتقارير الإدارية (Aguejidad, 2009, p. 26).

تمثل تقنية الاستشعار عن بعد افضل هذه الطرق بناء على الكلفة ودقة المعطيات، بالإضافة إلى قدرتها على التنسيق مع مختلف التقنيات الأخرى لجمع البيانات، حيث توفر حجم كبير من البيانات المكانية

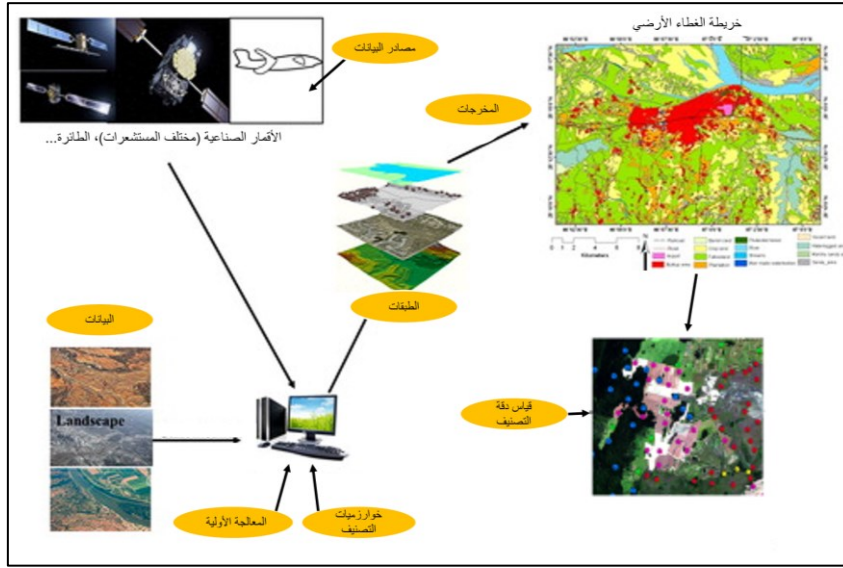
لفترات زمنية ماضية تحدث دوريا، زيادة على مرونتها وقدرتها على الاندماج مع مختلف البيانات الإحصائية لاتصالها بالنظام العالمي لتحديد المواقع وتوفيقها مع تقنية نظم المعلومات الجغرافية (Bhatta, 2010, .p. 50; Rogan & Chen, 2004)

فمنذ إطلاق أول قمر صناعي LANDSAT-1 سنة 1972 أصبح الاستشعار عن بعد هو أهم أداة لرصد ودراسة تغير الغطاء الأرضي واستعمالات الأرض (C. Li, 2014; Ramankutty et al., 2006)، وقد تطورت القدرة على رصد مختلف الظواهر الحضرية مع تطور تقنيات المستشعرات، فقد اسهم الإطلاق المتعاقب للأقمار الصناعية التي وفرت بيانات ضخمة للغطاء الأرضي ذات الدقة المجالية العالية (GeoEye, IKONOS, RapidEye and Quickbird)، بالإضافة إلى الأقمار الصناعية ذات الإستبانة الطيفية العالية (spectral resolution) كالقمر الصناعي LANDSAT وASTER (C. Li, 2014, p. 15). أدى التحسن كل من الدقة المجالية والطيفية إلى توفير قاعدة بيانات لمساحة جغرافية واسعة بتعاقب زمني محدد، حيث تساعد هذه المعطيات في الرفع من قدرة المسيرين والباحثين على وصف ونمذجة الظواهر الحضرية بما في ذلك تتبع ونمذجة التوسع والزحف العمراني للمدن (Aguejedad, 2009; Banister et al., 1997; Bhatta, 2012; Longley & Mesev, 2000)

وبنفس أهمية جمع البيانات وتوفرها فإن عملية معالجة المرئيات الفضائية وإعدادها الأولي من أجل تطبيق مختلف التحاليل تعتبر ذات أولوية للوصول إلى النتائج المطلوبة. يتمثل المبدأ الأساسي للعملية في تصنيف البكسلات التي تحمل نفس الخصائص الطيفية في فئة معينة من فئات الغطاء الأرضي، تتم عملية تصنيف المرئية الفضائية في الغالب باتباع الخطوات التالية (الشكل رقم 6):

- 1) تحديد فئات الغطاء الأرضي المطلوبة للدراسة (عمران، فلاح، مياه، أرض بور...).
- 2) جمع مختلف البيانات لمنطقة الدراسة للمساعدة في التحديد الدقيق للفئات وتدقيق النتائج.
- 3) المعالجة الأولية للمرئية من خلال التصحيح الإشعاعي، الجوي والطوبوغرافي.
- 4) القيام بتحديد المجموعات المتشابهة وذلك من خلال توقيع عينات التدريب (في حالة التصنيف الموجه).
- 5) تشغيل خوارزميات تصنيف المرئية.
- 6) القيام بالتعديلات والتحسينات النهائية للنتائج.
- 7) التحقق من الدقة في التصنيف من خلال مقارنة نتائج التصنيف مع دراسات ميدانية.

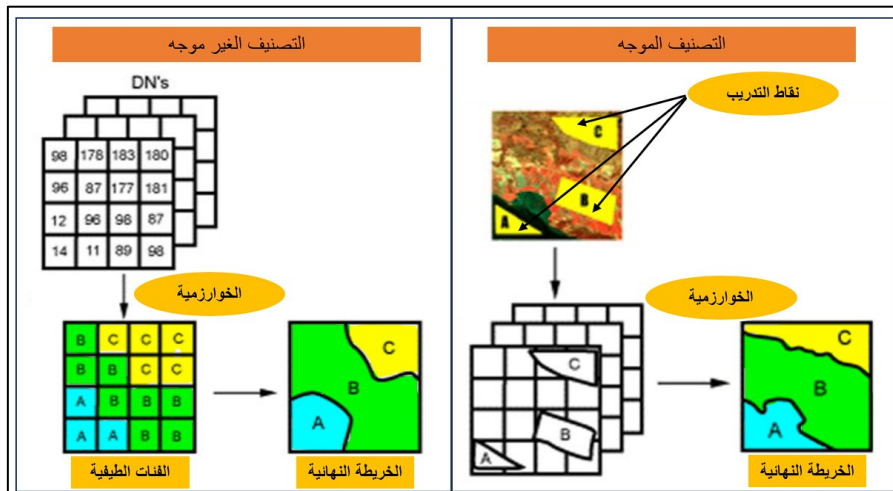
الشكل رقم 6: خطوات تصنيف المرئيات الفضائية.



المصدر: من أنجاز الباحث.

لقد تم التطرق في السنوات الماضية لمختلف الخوارزميات لتصنيف المرئيات الفضائية، يمثل التصنيف التقليدي المتعدد الأطياف أحد الطرق المستعملة، حيث يعتمد على تحليل البصمة الطيفية التي توفر البيانات المأخوذة من مختلف المواد المكونة للغطاء الأرضي. يعتمد التصنيف المتعدد الأطياف على طريقتين في التصنيف تتمثلان في: التصنيف الموجه (التصنيف الخاضع للإشراف) والتصنيف غير الموجه (التصنيف الغير الخاضع للإشراف) (الشكل رقم 7). التصنيف الموجه يتم عن طريق تحديد البكسلات من خلال بصمتها الطيفية بناء على فئة معينة سابقا من طرف المستعمل بالاعتماد على عينات التدريب التي تحدد كل فئة من خلال المعرفة المسبقة للمجال المراد تصنيفه (Richards, 2022, p. 264).

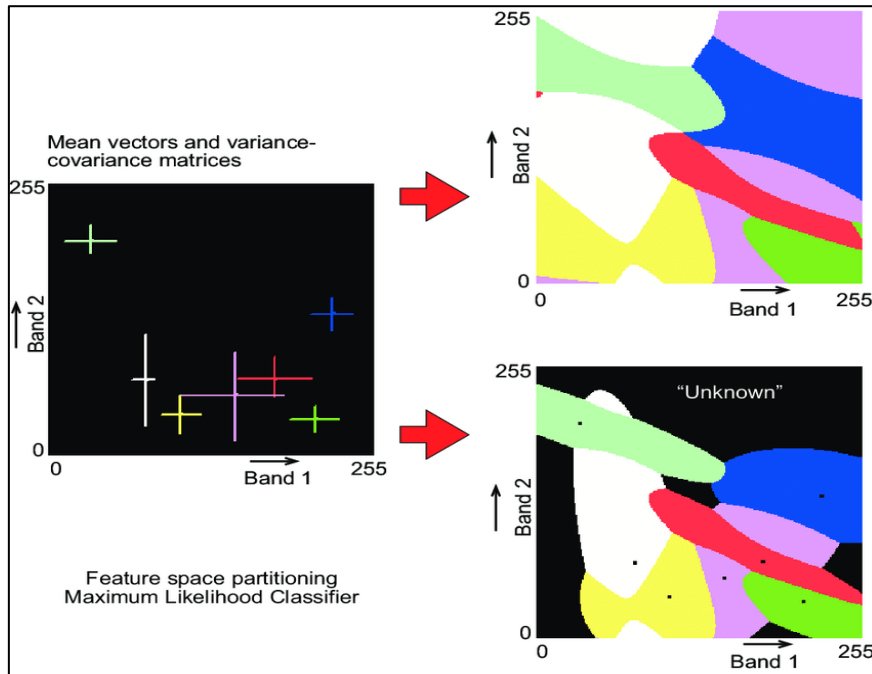
الشكل رقم 7: الفرق بين التصنيف الموجه والتصنيف الغير موجه.



المصدر: من أنجاز الباحث.

يمثل تصنيف الاحتمال الأقصى (Maximum Likelihood) الطريقة الأكثر انتشارا في مجال الاستشعار عن بعد (Ha et al., 2020; Lv & Wang, 2020; Richards, 2022). تعتمد طريقة تصنيف الأقصى على الاحتمالات، حيث يتم حساب قيم الميزة الإحصائية لكل نوع من عينات التدريب أثناء التصنيف، ثم إنشاء وظيفة تمييزية في التصنيف لاستخدامها للعثور على احتمال أن ينتمي كل بكسل في صورة الاستشعار عن بعد فائقة الطيف إلى أنواع مختلفة، وتصنيف عينة الاختبار إلى الفئة ذات الاحتمال الأعلى إلى فئة معينة، كما يأخذ في عين الاعتبار تباين الفئات باستخدام مصفوفة التباين (LV & Wang, 2020). يقدم الشكل رقم 8 عرض لعمل خوارزمية الاحتمال الأقصى.

الشكل رقم 8: مبدأ عمل خوارزمية الاحتمال الأقصى.



المصدر: (Tempfli et al., 2009).

أما طريقة التصنيف الغير موجه فنتم من دون تدخل المستخدم في عملية التصنيف، حيث تعتمد على آلية البرنامج التي يحددها المستخدم دون تحديد عدد الفئات، حيث تقوم خوارزمية التصنيف باختيار المجموعة التي ينتمي إليها البيكسل بالاعتماد على البصمة الطيفية، يتم تصنيف المخرجات النهائية للعملية من طرف المستخدم الذي يكون ذو معرفة مسبقة بمجال الدراسة، حيث يتعين عليه تكوين الفئات من خلال المجموعات الناتجة ذات الخصائص المشتركة (Richards, 2022, p. 451). يعتمد التصنيف الغير الموجه على جودة ودقة المرئيات، بالإضافة إلى نوعية الخوارزميات المستعملة والتي تتلاءم مع نوع استخدام الأرض، ومدى كفاءة المستخدم في التصنيف النهائي للمخرجات.

لقد حققت هذه الطرق التقليدية نجاحا واسعا في رسم خرائط الغطاء الأرضي بمقاييس متنوعة زمانيا ومكانيا، ومع ذلك فقد واجهت بعض التحديات في الحصول على معلومات دقيقة للغطاء الأرضي في المناطق الحضرية، يرجع ذلك إلى المجال الحضري الغير متجانس وارتفاع درجة التعقيد في البيانات المكانية والطيفية (Weng, 2012).

تسبب هذه التحديات مشكلة سوء التصنيف والتي تنتج في الغالب بسبب البيكسل المختلط الذي يحمل مزيج من القيم الطيفية لعدة أصناف من الغطاء الأرضي، بالإضافة إلى عامل آخر وهو تشابه البصمات الطيفية لمختلف أصناف الغطاء الأرضي، زيادة على صعوبة اختيار عينات التدريب التي يمكن أن تؤثر على دقة التصنيف (Foody, 2002; Heidarinejad, 2017; C. Li, 2014; Weng, 2012).

تمثل دقة التصنيف موضوعا محوريا في ميدان الاستشعار عن بعد، الخطأ وعدم دقة التصنيف تتعكس بشكل مباشر على المخرجات والمتمثلة في خرائط الغطاء الأرضي، والتي تؤثر بدورها على دقة التحليلات والنتائج المتوصل إليها، تعتبر دقة التصنيف التي تتعدى نسبتها 85% مقبولة لإجراء التحليلات (Bhatta, 2010, p. 127). لقد بذل الباحثون الكثير من الجهود في السنوات الأخيرة لتحسين دقة تصنيف الغطاء الأرضي، فمن خلال دراسة استقصائية أجراها (C. Li, 2014) للدراسات السابقة، حدد من خلالها ثلاث طرق لتحسين دقة التصنيف:

1) زيادة كفاءة استخدام المعلومات الطيفية:

المعلومات الطيفية هي أكثر المعلومات المتاحة في صور الأقمار الصناعية فهي سهلة الوصول ومتوفرة مجانا. على مدى العقود القليلة الماضية، استخدم العديد من الباحثين المؤشرات الطيفية، حيث تم تجميعها في ثلاث فئات رئيسية (جدول رقم 4): المؤشرات الطيفية للغطاء النباتي، المؤشرات الطيفية الحضرية والمؤشرات الطيفية للمياه.

جدول رقم 4: الفئات الرئيسية للمؤشرات الطيفية ومصادرها الرئيسية.

المؤشرات والمصادر الرئيسية	النوع
Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) (Rouse et al., 1974); Enhanced Vegetation Index (EVI) (Huete et al., 1997); Simple Ratio (SR) (Jordan, 1969); Green Atmospherically Resistant Vegetation Index (GARI) (Gitelson et al., 1996); Wide-Dynamic Range Vegetation Index (WDRV) (Gitelson, 2004).	المؤشرات الطيفية للغطاء النباتي (Spectral Vegetation Index)
Normalized Difference Built-Up Index (NDBI) (Zha et al., 2003); Index-based Built-Up Index (IBI) (Xu, 2008); Urban Index (UI) (Bouhennache et al., 2015); Normalized Difference Bareness Index (NDBal) (Zhao et al., 2005), Bare soil index (BI) (Rikimaru, 1997).	المؤشرات الطيفية الحضرية (Spectral Urban Index)
Normalized Difference Water Index (NDWI) (Gao, 1995); Modified Normalized Difference Water Index (MNDWI) (Xu, 2007); Water Band Index (WBI) (Peñuelas et al., 2011).	المؤشرات الطيفية للمياه (Spectral Water Index)

المصدر: (Heidarinejad, 2017, p. 12)

يتمثل الهدف الرئيسي من استعمال هذه المؤشرات في زيادة دقة التصنيف لإنتاج الخرائط الموضوعية (Bannari et al., 1995)، فمثلا الباحث E. Li et al., 2015 استعمل مجموعة من المؤشرات الطيفية المتمثلة في NDVI، VWMI، BISB و NDBI لتصنيف الأغطية الأرضية معتمدا على مرئيات القمر الصناعي Landsat-8، في هذا البحث تم استعمال هذه المؤشرات لاستخراج عينات التدريب، قام بتصنيف المرئيات الفضائية باستعمال التصنيف الموجه من خلال خوارزمية SVM حيث تراوحت الدقة الاجمالية للتصنيف بين 91 و 94%. في دراسة أخرى أجراها Doustfatemeh & Baleghi, 2016 تم استعمال مزيج من المؤشرات الطيفية المتمثلة في NDVI، NDWI و SVI لاستخراج البصمات الطيفية للأغطية الأرضية لصور القمر الصناعي Landsat-7 حيث استخرجوا النقاط الحضرية (Ups) باستخدام حساب تدرج متماثل بناء على السمات الهيكلية. عندما تم دمج النتائج تم تحقيق دقة إجمالية تراوحت بين 90-95% في ثلاثة مواقع دراسة. كمثل آخر لاستعمال المؤشرات الطيفية في تحسين دقة التصنيف، اجريت دراسة من قبل Bhatt et al., 2018 استعمل فيها كل من NDVI، MNDWI ومؤشر MSAVI لاستخراج الأغطية الأرضية من خلال مرئيات القمر الصناعي Landsat-5 و Landsat-8 (OLI)، وباستعمال التصنيف القائم على الكائن (object-based) تم التصنيف النهائي، بلغت الدقة الاجمالية للتصنيف 91%.

(2) دمج البيانات متعددة النطاقات والمعلومات المكانية الإضافية:

تعتمد هذه الطريقة على دمج بيانات متعددة المصادر مع صور الاستشعار عن بعد لزيادة دقة التصنيف، حيث يتم دمج بيانات لأزمنة مختلفة ودقة مختلفة (C. Li, 2014; X. Luo et al., 2020; Tridawati et al., 2020)، بالإضافة إلى طريقة أخرى وهي إضافة بعض المعلومات الجغرافية للصورة الأصلية مثل الحدود الإدارية، نموذج الارتفاعات الرقمية... (Dewan & Yamaguchi, 2009a; C. Li, 2014)

ويمكن استخدام البيانات الإضافية لما يلي:

(أ) التصنيف المسبق.

(ب) التصنيف اللاحق.

(ج) الإدراج المباشر أثناء التصنيف (Rogan et al., 2003).

أظهر Hayes & Sader, 2001 امكانية استخدام البيانات الإضافية للمساعدة في اختيار عينات التدريب والاختبار قبل التصنيف وتقليل الذاتية والمساعدة في تفسير ظواهر التغيير بعد تصنيف الصورة. يمكن استخدام البيانات التكميلية لتحديد مسارات تغير الغطاء الأرضي وتحسين التصنيف لأنه يمكن أن تكمل بيانات الحقيقة الأرضية أو حتى أن تحل محلها (Hepinstall-Cymerman et al., 2009). يمكن أن يؤدي استخدامها إلى تحسين دقة كشف التغيير في الغطاء الأرضي بنحو 5% - 10% (Treitz & Howarth, 2000) أو حتى 15% (Rogan et al., 2003). علاوة على ذلك، يمكن استخدام البيانات الإضافية لإخفاء أنواع الغطاء الأرضي غير المرغوب فيها بعد التصنيف (Röder et al., 2008).

(3) الزيادة في استخدام المعلومات المكانية:

تعتمد عمليات التصنيف في الغالب على التصنيف الإحصائي لكل بكسل بشكل منفصل، وتنتج مخرجات جيدة في حالة التعامل مع صور ذات دقة مكانية منخفضة، إلا أن الأمر يختلف بالنسبة إلى الصور عالية الدقة حيث يزيد التباين الطيفي لكل نوع من الغطاء الأرضي. لحل هذه المشكلة تم تطوير تقنيات تأخذ بعين الاعتبار المعلومات المكانية، والتي تشمل نسيج الصورة، الشكل، حجم الميزة... فنظرا لوجود تعقيدات أكثر في عملية التصنيف المكاني، فبالنظرة فأن عملية التصنيف تعتمد على عمليات حسابية أكثر تعقيدا وكثافة من التصنيف القائم على الطيف (C. Li, 2014, p. 18).

يخضع تحديد الطريقة المناسبة للعديد من العوامل أهمها الكلفة، توفر المعطيات وتناسبها مع مجال الدراسة. تمثل تقنية كشف التغير (change detection) أبرز الطرق المستعملة لدراسة التغيرات التي تطرأ على ظاهرة عمرانية، فقد تم تعريفها على أنها عملية تحديد الاختلافات في الظاهرة من خلال مراقبتها في أوقات مختلفة (Singh, 1989)، كما تعرف أيضا على أنها الطريقة التي تسمح بتحليل المرئيات الفضائية لمعرفة التغير الحاصل في نفس المساحة الجغرافية بين فترتين زمنيتين على الأقل (W. Gu et al., 2017).

تهدف تقنية كشف التغير إلى تحديد موقع التغير الحاصل نتيجة المقارنة بين مرئيتين فضائيتين أو أكثر، تحديد نوع التغير وفي الأخير حساب كمية التغير الحاصل (Im & Jensen, 2005). توجد العديد من التقنيات المستعملة لكشف التغير، إلا أنها تختلف من حيث مدى ملاءمتها مع الدقة المكانية لبيانات الاستشعار عن بعد، قابلية استعمال البيانات الجغرافية الإضافية ومجال الدراسة (مجال الحضري، الغابات، انزلاق التربة...)، تم تقسيم تقنيات كشف التغير من قبل العديد من الباحثين من صنفين إلى عدة أصناف حسب خصائصها المشتركة، فحسب (Singh, 1989) فإن تقنية كشف التغير تنقسم إلى صنفين هما (classification comparison) و (direct comparison)، أما (Peter, 1999) فقد اقترح ثلاث أصناف وهي: (pixel-based)، (feature-based) و (object-based)، في حين أن التصنيفات الحديثة تطرقت لأكثر من سبعة أصناف (Asokan & Anitha, 2019).

نلخص في الجدول رقم 5 أهم تقنيات كشف التغير مع الإشارة إلى الإيجابيات والسلبيات لكل تقنية، بالإضافة إلى الدراسات السابقة.

جدول رقم 5: ملخص عن أهم تقنيات كشف التغير.

التقنية	الشرح	الإيجابيات	السلبيات	الدراسات السابقة
Image Differencing	طرح قيمة DN (الرقم الرقمي) لتاريخ واحد لنطاق معين من قيمة DN لنفس البيكسل لنفس النطاق لتاريخ آخر.	هي تقنية بسيطة وسهلة الاستخدام لتنفيذ وتفسير اكتشاف التغير	- لا توفر معلومات دقيقة حول التغير بحد ذاته. - تتأثر النتائج بعوامل الغلاف الجوي والإشعاع.	(Bindschadler et al., 2010) (Karthik & Shivakumar, 2017)
Image Rationing	حساب نسبة قيم DN لوحدة البيكسل المقابلة على الصورتين المسجلتين في تواريخ مختلفة مع نطاق واحد أو أكثر.	إمكانية تخفيض تأثير الظلال، تغيير الإشعاع، ضوضاء الصورة وزاوية الشمس.	- من الصعب تحديد قيمة العتبة. - لا يمكن تحليل أنواع التغيرات.	(S. Liu & Zhu, 2004)

الفصل الأول: مراجعة الأدبيات المتعلقة بالتوسع العمراني وأساليب تحليله ونمذجته.

Ridd & Liu,) (1998)	- لا تتوافق مع التغير الكبير في الغطاء الأرضي بين فترتين زمنييتين.	حساب الاختلافات في متوسط الانعكاس والتباين بين التواريخ، وتقلل من تأثيرات الغلاف الجوي وزاوية الشمس.	يُفترض أن تكون صورة الهدف دالة خطية للصورة المرجعية ويتم تعديلها لتتناسب مع ظروف القياس الإشعاعي للصورة المرجعية.	Image Regression
Townshend &) (Justice, 1995)	-يعزز الضوضاء العشوائية أو تماسك الضوضاء.	يؤكد الاختلافات في الاستجابة الطيفية لمختلف الميزات ويقلل من التأثيرات الطبوغرافية وتأثيرات الإضاءة.	بعد الحساب، يتم تطبيق فهرس الغطاء النباتي لنهجين قياسييين يعتمدان على البيكسل لتحديد التغيير.	Vegetation Index Differencing
J. Chen et al.,) (2003)	-حساسية للضوضاء والإضاءة (الموسمية/ النهارية). - التحديات في اختيار قيمة العتبة التي تحدد التغيير ذي الصلة في الحجم والاتجاه.	تكمُن نقطة قوتها عندما تكون التغييرات الطيفية غير معروفة أو عندما يصعب فهم المتغيرات الطيفية.	قيم البيكسل هي نواقل القيم الطيفية ويمكن حساب متجه التغيير بطرح المتجهات لجميع وحدات البيكسل في تواريخ مختلفة.	Change Vector Analysis
(Abdu, 2019)	- تتطلب اختيار العتبات لتحديد التغيير. - يصعب تفسير نتائجها وتسميتها. - لا توفر مصفوفة كاملة لفئة التغيير.	يتم تحويل بيانات الاستشعار من متغير مرتبط إلى مجموعة بيانات أبسط للتفسير. هذا يسمح أن تكون مجموعة البيانات متغيرات غير مرتبطة تمثل أهم المعلومات من الأصل.	تقلل هذه الطريقة من تكرار البيانات عن طريق تحويل البيانات متعددة المتغيرات إلى مجموعة جديدة من المكونات مع افتراض أن مجالات التغيير ليست مترابطة بشكل كبير.	Principal Component Analysis
Onuegbu &) (Egbu, 2024)	- تتطلب الوقت والخبرة. - الدقة النهائية تعتمد على جودة التصنيف لكل مرئية.	تقلل تأثير الغلاف الجوي، جهاز الاستشعار والاختلافات البيئية بين الصور المختلفة زمنياً. كما توفر مصفوفة كاملة من معلومات التغيير.	يتم تصحيح كل صورة وتصنيفها بشكل منفصل ثم مقارنتها لتوليد مصفوفة التغيير التي تستخدم لقياس التغييرات.	Post-classification comparison
L. Zhou &) (Yang, 2008)	- طبيعة الطبقات المخفية غير معروفة. - تتطلب مدة طويلة ودقة لتحديد عينات التدريب.	يمكن أن تقدم معلومات التغيير الدقيقة التي لا تتأثر كثيراً العوامل الخارجية مثل التدخلات الجوية.	هي أداة نمذجة بيانات إحصائية غير خطية تقوم بتقدير الوظائف بشكل تكيفي.	Artificial neural networks
(Q. Liu, 2019)	- صعب تفسير وتغيير التسمية. - لا يمكن أن تقدم مصفوفة التغيير كاملة. - يستوجب تحديد العتبات التعرف على المناطق المتغيرة.	يقلل من تكرار البيانات بين النطاقات ويؤكد مختلف المعلومات في المكونات المشتقة.	يتضمن تحويلًا خطيًا ثابتًا لمجموعة بيانات متعددة التواريخ ومتعددة النطاقات. يُقاس التغيير بناءً على قيم السطوح والاضضرار والبلل.	Kauth-Thomas image differencing (tasseled cap transformation)

	- تتطلب تصحيح الغلاف الجوي بدقة.			
Zhai et al., (2018)	- ينتج عن الصورة المصنفة العديد من الفئات التي يصعب تفسيرها غالبًا وليست فعالة لتمثيل الخرائط. - إجراءات تحسين التوقيع للتصنيف الخاضع للإشراف صعب أيضًا.	سهلة التطبيق وتساعد في كسب الوقت.	تستخدم صورة مركبة تم إنشاؤها عن طريق الإضافة النطاقات من عدة تواريخ للصور معًا لتكوين صورة واحدة. ثم يتم تصنيف الصورة باستخدام تقنيات تصنيف الصور التقليدية لتحديد تغيير الفئات.	Spectral-temporal classification

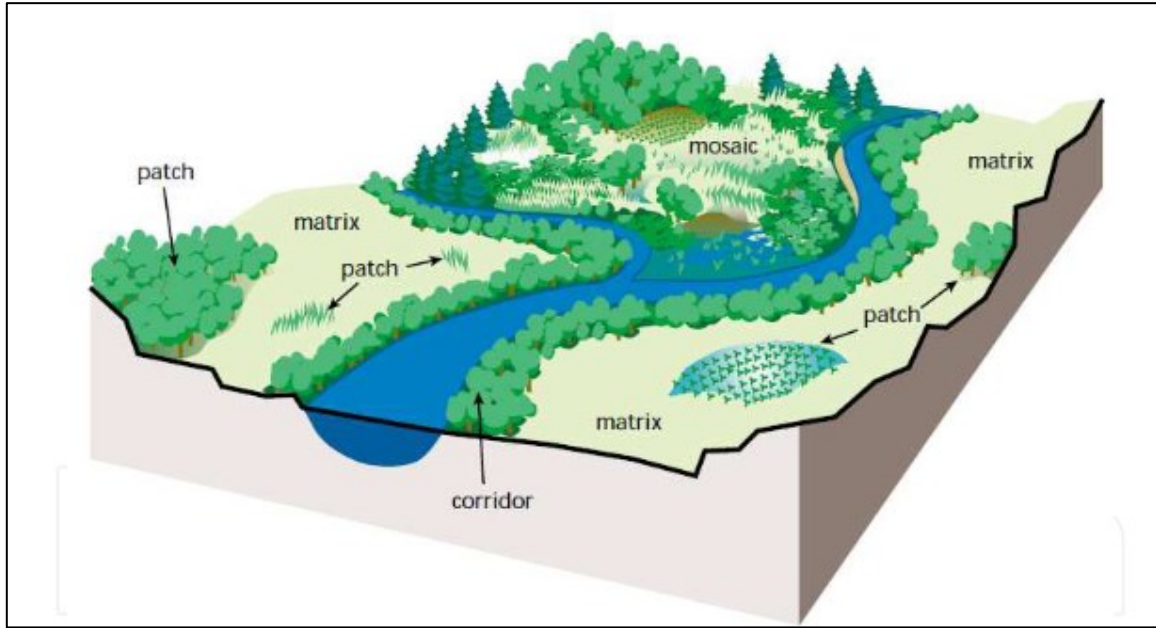
المصدر: من أنجاز الباحث بالاعتماد على مصادر مختلفة: (Alqurashi & Kumar, 2013; Asokan & Anitha, 2019; Bhatta, 2010; Heidarinejad, 2017; Lu et al., 2004; Panuju et al., 2020)

2. طريقة قياس أنماط التوسع العمراني:

كما سبق وذكرنا، فإن الاستشعار عن بعد يوفر معلومات مفصلة حول نوع ومقدار وموقع تغير استخدام الأراضي. إلا أنه يفتقر إلى القدرة على وصف عملية التوسع العمراني المسؤولة عن تغير الأنماط الحضرية (Herold et al., 2005). قياس الأنماط المجالية الحضرية يمكن أن يعوض النقص الناجم عن الاستشعار عن بعد، حيث يمكننا من التحليل المفصل للعلاقة بين شكل التوسع وعملية التوسع في حد ذاتها. السؤال إذن هو كيفية تحديد ووصف التغيرات في الأنماط المكانية الحضرية؟

تمثل المقاييس المجالية (Spatial Metrics) مجموعة من القياسات الرقمية التي تحدد الأنماط المكانية من بقع (patches) الغطاء الأرضي أو فئات الغطاء الأرض أو فسيفساء (mosaics) مناظر طبيعية كاملة لمنطقة جغرافية ما (McGarigal & Marks, 1995)، حيث يمكن اكتشاف تغيير أنماط المناظر الطبيعية ووصفها بواسطة مقاييس المناظر الطبيعية، والتي تصنف المناظر الطبيعية المعقدة إلى أنماط يمكن تحديدها وتكشف عن بعض خصائص النظام البيئي التي لا يمكن ملاحظتها بشكل مباشر (C. Li, 2014, p. 20). فالتحديد الكمي لعدم التجانس ضروري لتحديد العلاقة بين العمليات الإيكولوجية والأنماط المجالية، ولذلك يحظى قياس الأنماط المجالية وتحليلها وتفسيرها باهتمام كبير في إيكولوجيا المناظر الطبيعية (Uemaa et al., 2009). تقدم الصورة رقم 1 عرض لعدم تجانس المشهد الطبيعي ومكوناته، التي من خلالها يمكن تطبيق المقاييس المجالية.

صورة رقم 1: مكونات المشهد الطبيعي.



المصدر: (Gkyer, 2013)

استعملت المقاييس المجالية في الغالب في دراسة إيكولوجية المناظر الطبيعية وتسمى "مقاييس المنظر الطبيعي" (landscape metrics) (Gustafson, 1998)، حيث استعملت لوصف الوظائف الإيكولوجية بين مواطن الكائنات الحية، كما استعملت في دراسة العديد من البيئات منها المجال الحضري حيث يتم الإشارة إليها عموماً بالمقاييس المجالية (Herold et al., 2005). تعرف المقاييس المجالية على أنها مجموعة المؤشرات التي تصف تركيبة وأنماط المنظر الطبيعي (O'Neill et al., 1988). عرفت أيضاً من قبل (Herold et al., 2005) على أنها قياسات مستمدة من التحليل الرقمي للخرائط الموضوعية الفئوية التي تظهر عدم التجانس المكاني بمقياس ودقة محددين.

طورت عدة طرق مختلفة للمقاييس المجالية في تمثيل الظواهر (Herold et al., 2005)، حيث تتميز الأنماط بالعلاقات المجالية بين الأجزاء المكونة في مقاييس المناظر الطبيعية. يمكن أن نميز نمط المناظر الطبيعية بتركيبه (composition) وتكوينه (configuration) الأجزاء المكونة له (McGarigal & Marks, 1995)، ومن السهل تحديد مقاييس التركيب مع إمكانية تعريفها على أنها ميزات تتعلق بوجود، تنوع، تناسب وثراء أنواع البقع داخل فسيقساء المناظر الطبيعية. بعبارة أخرى يشير التركيب (composition) إلى الميزات المرتبطة بتنوع ووفرة أنواع البقع (patches) داخل المشهد وبالتالي فإنه يتطلب التكامل مع جميع أنواع البقع. عيوب مقاييس التركيب أنها لا تأخذ في عين الاعتبار الطابع المكاني

أو الترتيب أو موقع البقع داخل الفسيفساء. تتوفر مجموعة متنوعة من الأوصاف الكمية لترتيب المناظر الطبيعية. تتمثل أهم مقاييس التركيب في:

- الوفرة الجزئية لكل فئة في المناظر الطبيعية بأكملها.
 - ثراء البقع (richness patches).
 - التساوي في البقع (patches evenness).
 - وتنوع البقع (patch diversity).
- من ناحية أخرى، تعتبر مقاييس التكوين أكثر صعوبة نسبياً في القياس الكمي، حيث يشير التكوين (configuration) إلى الطابع المكاني، الترتيب، الموضع أو اتجاه البقع داخل الفئة أو المشهد.

تشمل الجوانب الرئيسية لمقاييس التكوين:

- منطقة البقع والحافة (patch area and edge).
 - تعقيد شكل البقعة (patch shape complexity).
 - المنطقة الأساسية (core area).
 - التباين (contrast).
 - التجميع (aggregation).
 - التقسيم الفرعي (subdivision).
 - والعزلة (isolation) (Abebe, 2013, p. 19; Heidarinejad, 2017, p. 17).
- يمكن تطبيق العديد من المقاييس إما من حيث البقع الفردية (individual patches)، أو من حيث الفئة بأكملها أو المناظر الطبيعية اعتماداً على الدراسة المطلوبة.

تُستخدم حزم من البرامج على نطاق واسع على سبيل المثال: FRAGSTATS (McGarigal et al., 2002)، كما تم دمج العديد من المقاييس في برامج نظم المعلومات الجغرافية (GIS) على سبيل المثال: Patch Analyst في Arcgis ونموذج الوحدة النمطية في IDRISI. يلخص الجدول رقم 6 أهم المقاييس لتحديد نمط التوسع العمراني.

جدول رقم 6: أهم المقاييس المجالية لتحديد نمط التوسع العمراني.

أشهر المقاييس المستعملة	الشرح	العملية	مقاييس التركيب (composition)
Class Area (CA),	نسبة كل فئة بالنسبة للخريطة بأكملها.	الوفرة النسبية (Proportional abundance)	

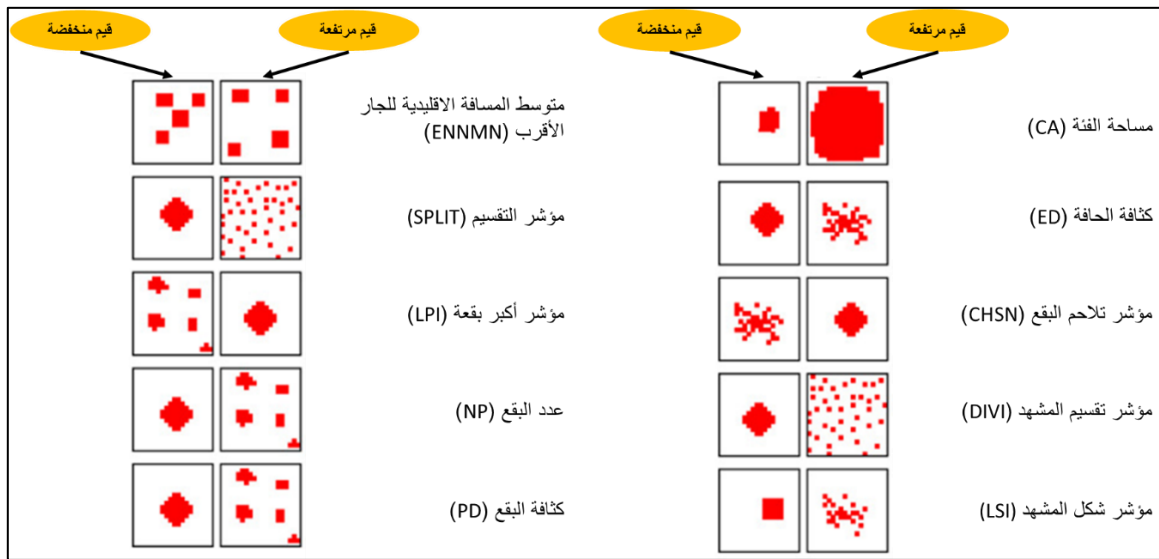
Percentage of Landscape (PLAND), Patch richness (PR), Shannon's diversity index (SHDI), Shannon's evenness index (SHEI)	عدد أنواع البقع المختلفة.	الثراء (Richness)	مقاييس التكوين (configuration)
	الوفرة النسبية لأنواع البقع المختلفة، مع التركيز على الهيمنة النسبية أو التكامل والمساواة.	التكافؤ (Evenness)	
	مقياس مركب للثراء والتساوي ويمكن حسابه في مجموعة متنوعة من الأشكال.	التنوع (Diversity)	
Patch Area (AREA), Number of patches (NP), Patch density (PD), Edge density (ED), Largest patch index (LPI), Landscape shape index (LSI) Shape index (SHAPE), Area weighted mean fractal dimension (AWMFD), Euclidean nearest neighbor distance (ENN)	يمكن تلخيص توزيع حجم البقع على مستوى الفئة والمناظر الطبيعية بعدة طرق (على سبيل المثال: المتوسط، الوسيط، الحد الأقصى، التباين...) أو بدلا من ذلك، يمكن تمثيله على أنه كثافة البقع في منطقة.	توزيع حجم البقعة وكثافتها	مقاييس التكوين (configuration)
	يرتبط تعقيد الشكل بهندسة البقع، سواء كانت بسيطة ومضغوطة أو غير منتظمة ومعقدة. تعتمد مقاييسها على المقدار النسبي للمحيط لكل وحدة مساحة، وغالبا ما يتم توحيدها إلى شكل هندسي بسيط (دائرة أو مربع).	تعقيد شكل البقع (Patch shape Complexity)	
	تدمج المنطقة الأساسية حجم البقع والشكل ومسافة تأثير الحافة في مقياس واحد وتمثل المنطقة الداخلية للبقع بعد التخلص من عازلة الحافة المحددة من قبل المستخدم.	المنطقة الأساسية (Core Area)	
	يميل إلى أن تكون البقع معزولة نسبيا في الفضاء (أي بعيدة) عن بقع أخرى من نفس الفئة أو مشابهة لها.	العزلة/القرب (Isolation/Proximity)	
	الميل إلى توزيع البقع بشكل منتظم أو متداخل (أي كتلة) فيما يتعلق ببعضها البعض.	التشتت (Dispersion)	
	ميل أنواع البقع إلى التجميع المكاني؛ أي أن تحدث في توزيعات كبيرة مجمعة أو منتشرة.	الانتشار والتداخل Contagion and Interspersion	
	درجة تفكك نوع البقع (أي تقسيمه) إلى بقع منفصلة.	التقسيم الفرعي (Subdivision)	

	<p>الروابط الوظيفية بين البقع. قد تستند الوصلات إلى التجاور الصارم (اللمس)، مسافة العتبة، بعض الدوال المتناقصة للمسافة التي تعكس احتمال الاتصال على مسافة معينة أو دالة مسافة مرجحة للمقاومة.</p>	<p>الإتصال (Connectivity)</p>	
--	---	-----------------------------------	--

المصدر: من انجاز الطالب بالاعتماد على (McGarigal & Marks, 1995)

اقترحت العديد من الدراسات وقارنت مجموعة متنوعة من المقاييس المختلفة، حيث أبرزت نتائجهم دورهم الفعال في تمثيل تكوين وتشكيل النمط المجالي. ومع ذلك، فإن وجود مقياس قياسي أو بعبارة أخرى يمكن تعميمه على جميع الدراسات هو أمر بعيد عن الحقيقة، فالمقاييس المحددة تختلف باختلاف هدف الدراسة وخصائص النمط المكاني قيد التحقيق (Parker & Meretsky, 2004). زيادة على ذلك، أفاد بعض الباحثين أن عددا قليلا جدا من هذه المقاييس يحتوي على معلومات قيمة تعتبر كإضافة. وبالتالي، فإن حسابها جميعا بدون فائدة (Gustafson, 1998; C. Li, 2014; H. Li & Wu, 2004). تمثل الشكل رقم 9 عرض لبعض هذه المقاييس.

الشكل رقم 9: تمثيل بصري لبعض المقاييس المجالية من خلال القيم المرتفعة والمنخفضة.



المصدر: من انجاز الطالب بالاعتماد على (Wan et al., 2023).

3. محددات التوسع العمراني وكيفية اختيارها:

يرتبط الفهم الأمثل لعملية التوسع العمراني بمحدداته التي تمثل الأداة الأساسية لفهم صفاته واتجاهاته وتمثل هذه المحددات في نفس الوقت أهم الخطوات التي تساهم في عملية التسيير الحضري والتخطيط المستقبلي للمدينة (G. Li et al., 2018; X. Li et al., 2013a). كما سبق وذكرنا فإن أسباب النمو

الحضري والتوسع العمراني متماثلة تقريبا وذلك نتيجة ارتباطهما، فهي أداة مهمة لتحديد العوامل الدافعة للتوسع العمراني. يمكن لهذه المحددات أن تساهم في توجيهه، دفع والحد من عملية التوسع، في حين أنه لا توجد محددات قياسية للتوسع العمراني.

تناولت العديد من الدراسات موضوع محددات التوسع العمراني على مختلف الأصعدة من خلال تجميعها في أربع مجموعات معتمدة على ارتباطها (جدول رقم 7):

- المحددات الطبيعية،
- المحددات السوسيو اقتصادية،
- محددات الجوار (neighborhood)
- السياسة العمرانية.

هذه المحددات يمكن قياسها باستعمال طرق التحليل المكاني والغير مكاني، إلا أن ارتباطها وعلاقتها بعملية التوسع العمراني غير ثابتة، فبالتالي فإنها تستوجب دراسة ديناميكية تعتمد بشكل كبير على النماذج الديناميكية كنموذج خلايا الأوتوماتا والنماذج الإحصائية كالانحدار اللوجيستي (Azhdari et al., 2018).

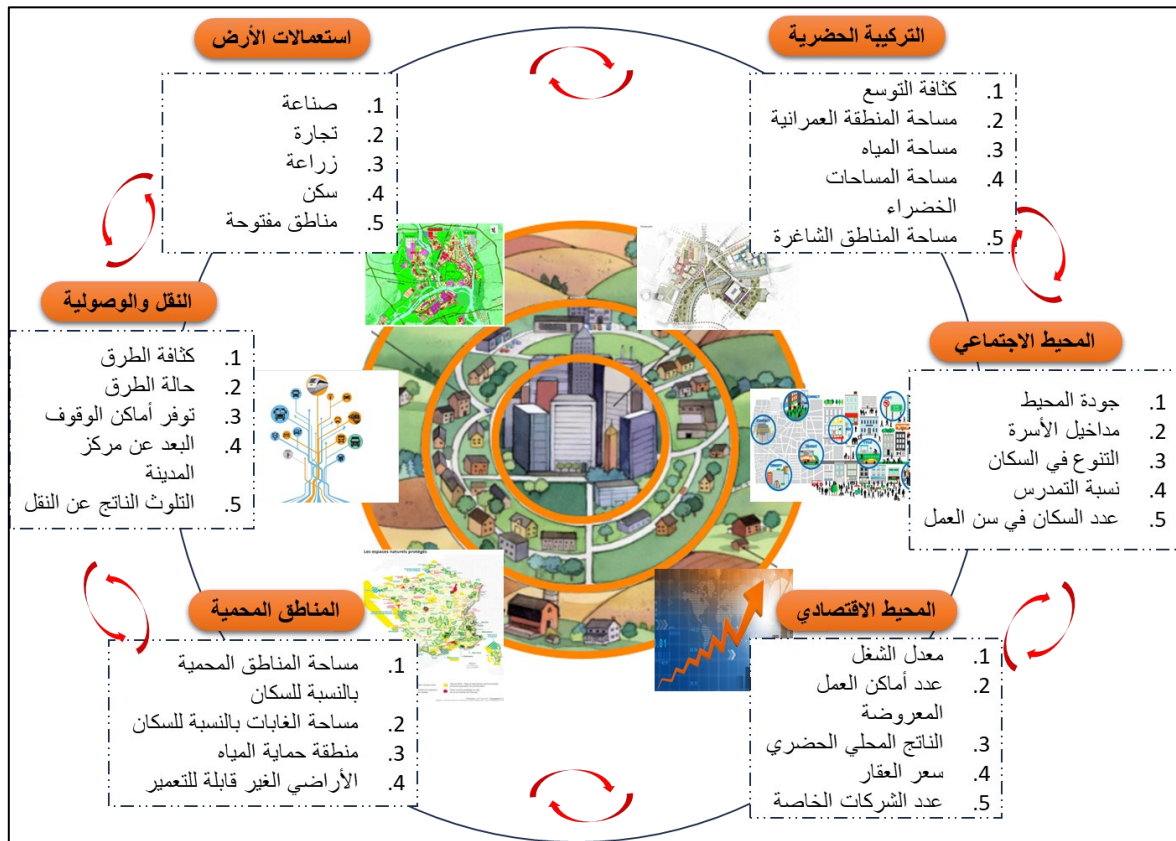
ترتبط المحددات الطبيعية في العموم بالمتغيرات الطبوغرافية، فهي العوامل التي تساهم في اختيار موقع التوسعات الجديدة حيث تتحكم بكلفة، شكل ونوعية البناء. ففي العموم تعتبر الأراضي قليلة الانحدار الأنسب لعمليات التعمير (Poelmans & Van Rompaey, 2010; W. Wu & al., 2019). تتدخل متغيرات طبوغرافية أخرى بشكل ثانوي كالتقرب من مصادر المياه التي تشكل العنصر الأساسي للعيش وتساهم في خفض كلفة نقل مياه الشرب وفي نفس الوقت قد تشكل عائقا في وجه التوسع (G. Li et al., 2018). بالإضافة إلى نوعية التربة التي تحدد نوعية استعمال الأرض، فالتربة الخصبة تناسب الاستغلال الزراعي لتوفير الاحتياجات الغذائية بشكل أفضل من الاستعمال العمراني (Batisani & Yarnal, 2009; X. Li & Yeh, 2000).

تمثل المحددات السوسيو-اقتصادية الركيزة الأساسية لعمليات التوسع العمراني، حيث تعبر هذه المحددات عن الأسباب الاقتصادية والاجتماعية للتوسع، فهي تشمل العوامل المحركة والأساسية لنمو المدينة وديناميكيته المجالية. تعتبر كل من الزيادة السكانية، الدخل، سعر الأرض أكثر العوامل الدافعة استعمالا من قبل الباحثين (McGrath, 2005)، بالإضافة إلى عوامل الوصولية التي ترتبط بالمحددات السوسيو-اقتصادية في دراستنا ويمكن اعتبارها كمجموعة مستقلة، فهي عبارة عن مجموعة من المتغيرات التي تعبر عن المسافة بالنسبة لمركز المدينة، المسافة إلى الطرق، المسافة إلى التجهيزات... من خلالها

يمكننا تحديد كلفة ووقت التنقل، الوصولية إلى الخدمات، القرب من المراكز التجارية والتي تعبر كلها عن عوامل جاذبة للسكان والتوسعات الجديدة (R. Wu & al., 2021).

تؤثر السياسات العمرانية على المستوى المحلي والوطني على توزيع وشكل الغطاء الأرضي، حيث تقنن استعمالات الأرض (Dieleman & Wegener, 2004)، و تؤثر على أنماط استعمالاتها من خلال الرفع من وتيرة التوسع الناتج عن تطبيق مختلف السياسات التنموية والمخططات المستقبلية للتنمية (Cheng & Masser, 2003)، كما يمكنها أن تمثل عائقا للتوسع من خلال تحديد المناطق المحمية وحدود التوسع في مناطق معينة (Poelmans & Van Rompaey, 2010). يعرض الشكل رقم 10 مختلف العوامل المؤثرة في التوسع العمراني بشكل أكثر تفصيلا.

الشكل رقم 10: بعض العوامل المؤثرة في التوسع العمراني.



المصدر: من إنجاز الطالب بالاعتماد على (Palevičius et al., 2019).

يتم تعريف عوامل الجوار على أنها نسبة استعمالات الأرض في المنطقة المحيطة (X. Li et al., 2013a)، تظهر دائما الأنماط المتجاورة المختلفة لاستعمالات الأرض ارتباطا ذاتيا قويا في النماذج التجريبية بسبب القوى الجاذبة والدافعة (Overmars et al., 2003)، هذه التفاعلات تثبت

حقيقة أن التنمية الحضرية هي نظام ذاتي التنظيم (Poelmans & Van Rompaey, 2010; Verburg et al., 2004)، والذي يعكسه القانون الأول لـ Tobler (1970) في الجغرافيا على أن الأرض لا يمكن تطويرها بشكل مستقل كل على حدا، فقد أثبتت العديد من الدراسات أنه يمكن تحويل المنطقة إلى أراضي حضرية إذا كانت محاطة بأراضي حضرية.

تم استعمال العديد من الطرق لقياس عوامل الجوار من قبل الباحثين، مع الأخذ بعين الاعتبار الارتباط الذاتي، فقد استعملت (Poelmans & Van Rompaey, 2010) المسافة إلى الأرض الحضرية الحالية، في حين أن بحوث أخرى استعملت نسبة الأراضي الحضرية في المنطقة المحيطة (Braumoh & Onishi, 2007a; Cheng & Masser, 2003; J. Luo & Wei, 2009; R. Wu et al., 2021) ونسبة الأراضي الغير المطورة، مثل الأراضي الزراعية والغابات في المنطقة المحيطة (Braumoh & Onishi, 2007a; J. Luo & Wei, 2009).

جدول رقم 7: لمحة حول العوامل الدافعة للتوسع المستخدمة في الدراسات السابقة.

عوامل الجوار	السياسة العمرانية		العوامل السوسيو اقتصادية							العوامل الطبيعية				الدراسات السابقة
	تأثير الجوار	مخطط التعمير	المناطق المحمية	سعر الأرض	الدخل الفردي الخام	الكثافة السكانية	المسافة إلى			نوعية التربة	المسافة إلى المياه	الارتفاع	الانحدار	
						المطارات	السكك الحديدية	الطرق	مركز المدينة					
X		X		X	X	X		X	X		X	X	X	(Braumoh & Onishi, 2007b)
X								X	X			X	X	(X. Li et al., 2013a)
							X	X	X		X	X	X	(Z. Zhang et al., 2013b)
		X			X			X	X		X			(Achmad et al., 2015)
X							X	X	X		X		X	(L. Zhang et al., 2017)
							X	X	X		X	X	X	(Hamdy et al., 2017)

X			X		X			X	X		X	X	X	(Dahal & Lindquist, 2018)
X				X	X			X	X		X	X	X	(G. Li et al., 2018)
				X	X			X	X		X	X	X	(Q. Xu et al., 2018b)
				X	X			X				X		(Rifat & Liu, 2019)
	X							X	X		X		X	(T. Luo et al., 2019)
X		X	X		X		X	X	X		X	X	X	(Sarkar & Chouhan, 2020)
X	X	X	X				X	X	X		X		X	(Kim et al., 2020)
		X				X	X	X	X				X	(Kantakumar et al., 2020)
							X	X	X		X			(Salem et al., 2021)

المصدر: من اعداد الطالب 2023.

خلاصة المحور:

تتجلى أهمية رصد الغطاء الأرضي وتحليل التوسع العمراني في الدور الحيوي الذي تلعبه هذه العمليات في التخطيط الحضري وإدارة الموارد. تشير الدراسات إلى أن تقنيات الاستشعار عن بعد، مثل التصنيف المتعدد الأطياف، توفر أدوات فعالة لرصد التغيرات الزمنية والمكانية في استخدامات الأراضي. ومع ذلك، لا تخلو هذه التقنيات من تحديات، خاصة في البيئات الحضرية المعقدة التي تتسم بالتنوع والاختلاط.

تتميز أساليب التصنيف بإمكانية تصنيف البيانات إلى فئات مختلفة باستخدام التصنيف الموجه وغير الموجه. تمثل خوارزمية التصنيف الاحتمالي الأقصى واحدة من أكثر الطرق انتشاراً، حيث تعتمد على حساب الاحتمالات لكل فئة بناءً على بصمات تدريبية مسبقة. بينما يتطلب التصنيف غير الموجه تحليلاً أقل تدخلاً من المستخدم، مما يتيح للبيانات تحديد أنماطها الخاصة. على الرغم من نجاح هذه الطرق في العديد من الدراسات، إلا أنها تظل بحاجة إلى تحسينات لزيادة دقة التصنيف، خاصة في المناطق الحضرية.

تُعتبر المقاييس المجالية أداة فعالة لفهم الأنماط الحضرية وتحديد خصائص الغطاء الأرضي. تتضمن هذه المقاييس قياسات متعددة، مثل التركيب والتكوين، التي تساعد في تحليل التنوع المكاني والتباين. تم توثيق أهمية المقاييس في دراسة الأنماط البيئية، حيث يمكن استخدامها لوصف التغيرات في الغطاء الأرضي

بدقة. ومع ذلك، يشير بعض الباحثين إلى أن العديد من المقاييس قد لا تضيف قيمة حقيقية للبحث، مما يستدعي ضرورة التركيز على المقاييس الأكثر ملاءمة للأهداف البحثية.

تشير الأدبيات إلى وجود مجموعة متنوعة من المحددات التي تؤثر في التوسع العمراني، والتي تُقسم عادةً إلى محددات طبيعية وسوسيو-اقتصادية وسياسات عمرانية وعوامل جوار. تشمل المحددات الطبيعية العوامل الطبوغرافية التي تؤثر على تكاليف البناء، بينما تعكس المحددات السوسيو-اقتصادية العوامل الاقتصادية والاجتماعية مثل الدخل والزيادة السكانية. تلعب السياسات العمرانية دورًا حيويًا في توجيه شكل ونمط استخدامات الأراضي، مما يبرز الحاجة إلى استراتيجيات تخطيط فعالة تأخذ بعين الاعتبار هذه المحددات.

في الختام، يعكس هذا المحور ضرورة الاستمرار في تطوير الأساليب المستخدمة لرصد الغطاء الأرضي، حيث يمكن أن تسهم تحسينات إضافية في أدوات التحليل وتقنيات الاستشعار عن بعد في تعزيز فهمنا لديناميات التوسع العمراني. يمثل الربط بين التقنيات الحديثة والمعرفة المحلية تحديًا هامًا، ويعزز أهمية التعاون بين الباحثين والمخططين وصناع القرار.

رغم ذلك، فإن التحديات الحضرية الحالية تتطلب استراتيجيات متكاملة، مما يجعل النمذجة الحضرية والسيناريوهات المستقبلية ضرورة ملحة. تلعب التقنيات مثل الاستشعار عن بعد دورًا مهمًا في تطوير نمذجة حضرية فعالة، حيث تستخدم البيانات لرصد الغطاء الأرضي وتحليل أنماط التوسع لتوقع تأثيرات التغيرات السكانية والبيئية. من خلال دمج هذه المعلومات في نماذج حضرية، يمكن للمخططين تطوير استراتيجيات تعزز الاستدامة وجودة الحياة، مما يضمن استعداد المجتمعات لمواجهة التحديات المستقبلية.

المحور الثالث: نمذجة التوسع العمراني.

مقدمة المحور:

تعتبر النمذجة أداة حيوية في دراسة التوسع العمراني، حيث تساعد على فهم الديناميكيات المعقدة التي تشكل أنماط استخدام الأراضي. يعد التوسع العمراني ظاهرة معقدة تتطلب أدوات تحليلية قوية لفهم تأثيراتها على البيئة والمجتمع والاقتصاد. يُفهم التوسع العمراني على أنه عملية تتداخل فيها عوامل متعددة، مما يستدعي استخدام نماذج متعددة لفهم هذه الديناميكيات بشكل أفضل.

على الرغم من التحديات التي واجهتها النماذج التقليدية في الستينات والثمانينات، فقد أدت هذه التحديات إلى الحاجة إلى نماذج أكثر تخصصًا تأخذ بعين الاعتبار الخصوصية والتعقيدات الفريدة للتوسع العمراني. لقد أظهرت الدراسات أن النماذج الحديثة يجب أن تعكس خصائص الأنظمة الفرعية بدلا من محاولة نمذجة النظام ككل.

تتعدد مناهج النمذجة، بما في ذلك النماذج القائمة على العميل ونظم المعلومات الجغرافية، التي توفر أدوات تحليلية قوية لفهم العلاقات بين العوامل السوسيو اقتصادية والنمو الحضري. كما تبرز السيناريوهات كأدوات رئيسية في التخطيط، حيث تساعد المخططين على تصور النتائج المحتملة للخيارات المختلفة.

بناء على ما سبق، يمكن القول إن النمذجة الحضرية تمثل ركيزة أساسية لفهم التوسع العمراني، حيث تتيح تحليل الأنماط المعقدة واستشراف المستقبل بطرق تعزز من فعالية السياسات التخطيطية، من خلال إنشاء سيناريوهات متعددة تشمل مجموعة من الخيارات البديلة.

يمثل هذا الجزء من الدراسة نقطة محورية في تحليل التوسع العمراني والنمذجة الحضرية، حيث يسلط الضوء على كيفية استخدام النمذجة والمحاكاة لفهم وتحليل الديناميكيات الحضرية.

1. نظرة عامة حول نمذجة التوسع العمراني:

تعتبر النمذجة والمحاكات من أهم الطرق لدراسة النمو الحضري والتوسع العمراني، حيث تعتبر طريقة فعالة لفهم الديناميكية الحضرية و لتقييم النظم الحضرية الحالية وتقديم الدعم للتسيير والتخطيط المستقبلي للتوسع (Lambin et al., 2006). على الرغم من ارتباط النمذجة والمحاكات ببعضهما إلا أنهما يختلفان من حيث المعنى، فكلمة "النمذجة" ترتبط بالفهم والتعبير عن تصرفات نظام معين، بصورة أوضح هي وصف مبسط للواقع. خلافا لذلك، فالمحاكات هي تطبيق للنموذج لدراسة حالة في فترة زمنية معينة (Camacho Olmedo et al., 2018).

يعرف النموذج على أنه تمثيل مبسط للنظام المادي، باستعماله يمكن محاكاة سلوك الأنظمة الفيزيائية والتنبؤ بتطورها المستقبلي، كما يمكن استخدامه كأداة تفسيرية لتحليل ديناميكية النظام، وتقديم تلميحات لجمع البيانات وتصميم التجارب (Giudici, 2001). عرفت النماذج الحضرية على أنها تمثيلات للوظائف والعمليات التي تنتج بنية مكانية حضرية من حيث الغطاء الأرضي والسكان والنقل، والتي تتجسد عادة في برامج الحاسوب (Batty, 2009). وبصورة أوضح فالنمذجة الحضرية هي نشاط تحديد، بناء وتطبيق النماذج لتمثيل الوظائف والعمليات التي تشكل التركيبة الحضرية من حيث استعمالات الأرض، النقل، السكان والعمالة، كما استعملت الدراسات المعاصرة النماذج لمحاكات التوسع والنمو المستقبلي للمدن. تسمى هذه النماذج بنماذج النمو الحضري (Bhatta, 2010, p. 107).

يتمثل الهدف الرئيسي لنمذجة ظاهرة ما عموما في تكوين المعرفة، كيف ذلك؟

تعد التجارب الميدانية صعبة التطبيق خاصة في الدراسات العمرانية، وبالتالي فإن النماذج يمكنها إنشاء بيئة افتراضية تحاكي الواقع وتسمح بتطبيق مختلف التحليلات واختبار الفرضيات، كما أن لها دورا أساسيا في الوصل بين التخصصات حيث تمثل وسيلة اتصال بين مختلف الباحثين في مجالات مختلفة، فهي الأداة التي توفر بيئة مشتركة لتخصصات متعددة (Verburg et al., 2006, p. 117). الغاية الأساسية من نمذجة نمو الحضري والتوسع العمراني هو (Bhatta, 2010, p. 118):

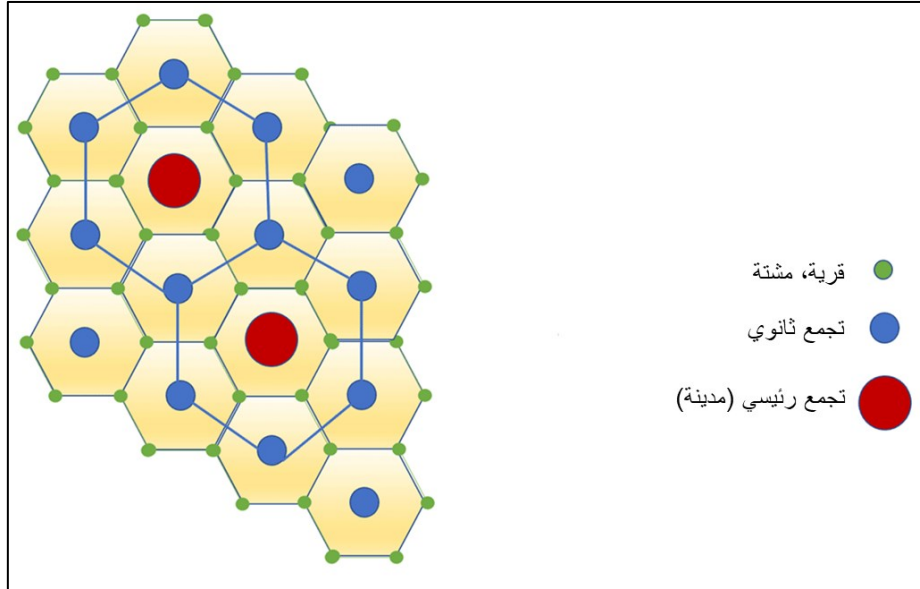
(1) الفهم الأمثل للعلاقة بين السبب - التأثير (cause-effect) التي تنعكس على ديناميكية التوسع العمراني.

(2) تطبيق هذه المعرفة في عمليات اتخاذ القرار وتسيير التوسع.

قبل الخمسينات من القرن الماضي تم اعتماد النظرية الاقتصادية المكانية كأساس لنمذجة التوسع والنمو الحضري، وذلك يظهر من خلال مختلف النماذج التي طبقت في هذه الفترة كنموذج Weber

(1909) المثلث الكلاسيكي للموقع الصناعي، نموذج Christaller و Losch (1933) للأماكن المركزية (الشكل رقم 11)، حيث ارتبطت نماذج النمو الحضري بالتخطيط الإقليمي المتعلق بنماذج النقل واستعمالات الأرض (C. Li, 2014, p. 28).

الشكل رقم 11: نموذج Christaller.



المصدر: من انجاز الطالب.

بعد الخمسينات وحتى الستينات تمثل فترة انطلاقة النمذجة الحضرية باستعمال الحاسوب في كل من الولايات المتحدة وأوروبا الغربية، حيث صمم نموذج Lowry سنة 1964 كأول نموذج في التخطيط الحضري يعتمد على البيانات المجمعة في تحديد موقع السكن والخدمات (Cheng, 2003, p. 39).

تلاشى استعمال هذه النماذج مع التغيير السريع للمدن بين فترة الستينات وحتى الثمانينات، حيث فشلت في مواكبة التطور الحاصل ولم تمتلك القدرة على وصف الأشكال الحضرية الجديدة بدقة، نتيجة لشمولية هذه النماذج (واسعة النطاق) مقابل تعقيدات البنية الحضرية الجديدة (Batty, 1979; Su, 1998). وبالتالي، فإن التحدي الجديد يتطلب تركيز النمذجة الحضرية الحديثة على خصوصية الظواهر، بصورة أوضح إلغاء مبدأ نمذجة النظام ككل، وإنما ينبغي تقسيمه مكانيا وزمانيا وفق خصائصه إلى أنظمة فرعية، يرجع ذلك إلى عدم القدرة على التنبؤ، عدم الاستقرار، واللاتجانس التي نشأت خلال عملية التطور الحضري السريع وفق أنماط تختلف عن المألوف بالنسبة للنماذج القديمة (Berling-Wolff & Wu, 2004). وبالتالي الخصائص الجديدة للمدن تتطلب نوع آخر من النماذج.

مع بداية الثمانينات تطورت نماذج النمو الحضري بشكل كبير نتيجة لتطور قدرة الحواسيب في المعالجة والتخزين، بالإضافة إلى تطور النظريات الاقتصادية والرياضية حيث استعملت مختلف طرق النمذجة والتي تم من خلالها اقتراح العديد من التصنيفات من قبل العديد من الباحثين وذلك لاختلاف وجهات النظر (Batty, 2009). اعتمدت هذه التصنيفات على مختلف الخصائص، المنهجيات، طرق ومجال التطبيق وطرق النمذجة، فقد قدم (Silva & Wu, 2012; Verburg et al., 2006) لائحة شاملة تعبر عن ما سبق:

- مناهج النمذجة: النماذج الرياضية / الإحصائية، النماذج المعتمدة على نظم المعلومات الجغرافية، النماذج القائمة على الخلايا (Cellular models)، النماذج المستندة إلى العميل (agent-based)، النماذج المستندة إلى القواعد والنماذج المتكاملة.
 - مستويات التحليل: المستوى الجزئي، المستوى الكلي، ونماذج المستويات المتقاطعة.
 - المقاييس المكانية: المقياس الإقليمي، المقياس الحضري، المقياس المحلي، والنماذج المتعدد المقاييس.
 - النطاقات الزمنية: النماذج الطويلة، المتوسطة الأجل وقصيرة الأجل.
 - التركيز المكاني: موجه مكانيا (يركز على الأنماط الجغرافية لتغير استعمال الأرض)، الغير مكاني (التركيز على تفاعل الطلب على السلع، الإنتاج والتجارة)، النماذج المتكاملة.
 - تركيز مهام التخطيط: استخدام الأراضي / تغيير الغطاء الأرضي، النمو الحضري، استخدام الأراضي والنقل، تقييم الأثر، نماذج الإسقاط الشاملة.
- في الجزء التالي، سنقوم بمناقشة بعض نماذج استخدام الأراضي الحضرية بشكل أدق وفقا للمناهج المطبقة مع تحديد أفضل نموذج للدراسة.

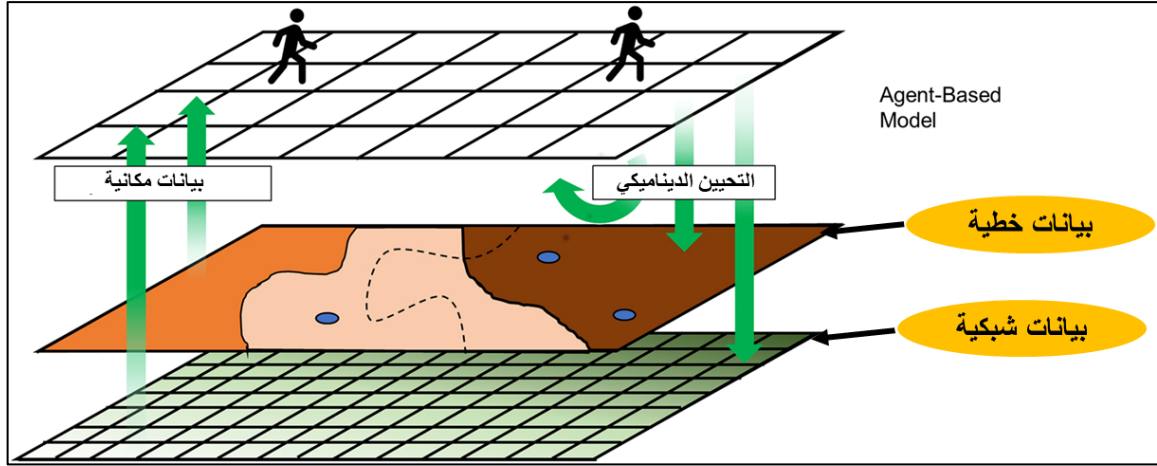
2. تصنيف النماذج:

1.2. النماذج القائمة على العميل (Agent-Based Models):

هي عبارة عن نماذج تم تطويرها منذ الثمانينيات تقوم على مبدأ تمثيل الأشياء (objects) والسكان بشكل فردي، فهي تعكس سلوكيات تلك الأجسام عبر المكان والزمان (Batty, 2009). يمكن للعملاء التعبير عن العديد من العناصر مثل الأشخاص، المنظمات، المباني وقطع الأرض، حيث تحدد طبيعة السلوكيات والعلاقات بين هذه الأفراد وفق قواعد يتم وضعها استنادا لمعرفة الخبراء وعملية المراقبة وجمع المعطيات، يمتلك كل عميل قاعدة خاصة والتي يمكن أن تتطور نتيجة التفاعل مع عملاء من نفس النوع أو من نوع مختلف أو مع البيئة (الشكل رقم 12) (Rui, 2013, p. 17). تعمل النماذج المستندة إلى العميل من أسفل إلى أعلى حيث يمكن لهذه النماذج محاكاة العمليات المتزامنة لعوامل متعددة في محاولة

لإعادة إنشاء والتنبؤ بأفعال الظواهر المعقدة، هذه العملية هي انتقال من المستوى الجزئي (micro) إلى المستوى الكلي (macro) للأنظمة (Bhatta, 2012, p. 113).

الشكل رقم 12: مبدأ عمل النماذج القائمة على العميل.



المصدر: من انجاز الطالب بالاعتماد على (Davies et al., 2019).

2.2. النماذج المعتمدة على نظم المعلومات الجغرافية (GIS-Based):

ظهرت تقنيات نظم المعلومات الجغرافية كأداة للنمذجة الحضرية سنوات الثمانينات، توازيا مع التطور التكنولوجي للحواسيب من حيث زيادة سعة التخزين والرفع من سرعة معالجة البيانات (Berling-Wolff & Wu, 2004). وكنتيجة لتطور الحاسوب وبرامج (GIS) التي تمثل مكونات النظام بالإضافة إلى المستخدم، فقد أصبحت نماذج التخطيط الحضري أكثر مرونة وسهولة للاستعمال، كما تطورت قدرتها على التعامل مع المشاكل المستعصية في السابق من حيث التحليل والنمذجة (Wilson, 1998).

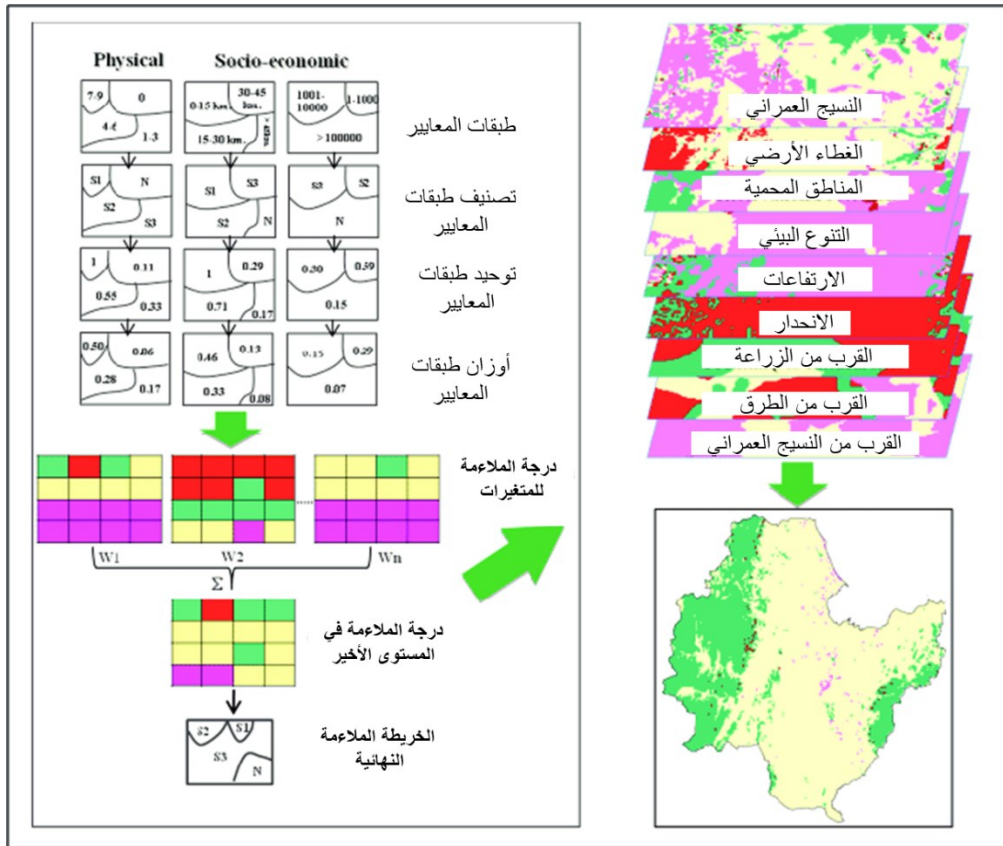
ترتبط آلية عمل نظم المعلومات الجغرافية بالمعلومات المكانية وطرق التحليل المكاني. تنقسم المعلومات المكانية إلى قسمين: المعلومات الشكلية والتي تصف شكل الأشياء بناء على موقعها في الفضاء، والبيانات الوصفية التي تعبر عن الصفات الغير مكانية للأشياء وتسمى البيانات الموضوعية. يتضمن عمل نظم المعلومات الجغرافية عملية إدخال، تخزين، استرجاع، تحليل، إدارة قواعد البيانات وإخراجها كنتيجة نهائية. ضمن هذه العمليات يكمن التحليل المكاني الذي يمثل أهم أدوات تحليل الظواهر المكانية، والذي ينقسم إلى باينين (Fischer et al., 1996, p. 3-6):

- تحليل البيانات المكانية الإحصائية مما يجعل التحليل المناسب للبيانات المكانية ممكناً.
- النمذجة المكانية: التي توفر مجموعة متنوعة من النماذج لدراسة الظواهر المكانية

رغم الجهود المبذولة لتطوير برامج نظم المعلومات الجغرافية خاصة في جانب القدرات التحليلية والنمذجة، إلا أن أغلب الجهود المبذولة للنمذجة المعتمدة على نظم المعلومات الجغرافية تعتمد على تقنيتين أساسيتين هما الاقتران الحر (Loosely Coupled) والاقتران القوي (Tightly Coupled) (Brimicombe, 2009; Su, 1998). الاقتران الحر هو طريقة تعبر عن مشاركة البيانات بين حزمة برامج نظم المعلومات الجغرافية وبين البرامج الإحصائية وبرامج النمذجة الحضرية، بالاعتماد على امتدادات مشتركة بين البرامج، تتميز هذه الطريقة بالبساطة، إلا أنها تستلزم الوقت وترفع من احتمالية حدوث الخطأ (Su, 1998). أما الاقتران القوي فهو طريقة تسمح للمستخدم بإدخال الأوامر عن طريق نصوص برمجية أو إنشاء واجهة خاصة من قبل المستخدم حسب الاستخدام الخاص (Su, 1998).

تكمن قوة نظم المعلومات الجغرافية في قدرته على النمذجة بالاعتماد على نماذج حضرية مختلفة مثل: تكامل ادوات نظم المعلومات الجغرافية وطريقة تحليل القرار متعدد المعايير (GIS-MCDM)، التكامل بين عملية تحليل التسلسل الهرمي ونظم المعلومات الجغرافية (GIS Based AHP) ... (الشكل رقم 13).

الشكل رقم 13: النمذجة باستعمال النماذج القائمة على نظم المعلومات الجغرافية.



المصدر: من انجاز الطالب بالاعتماد على (Bunruamkaew & Murayama, 2011).

3.2. النماذج القائمة على الخلايا (Cellular models):

النماذج الخلوية بما في ذلك نماذج الخلايا الأوتوماتيكية ونماذج ماركوف تعمل عن طريق الشبكة. ظهر مفهوم الخلايا الأوتوماتيكية أول مرة في أواخر 1940 من قبل Ulam و von Neumann. تم استعمال هذا النموذج في الدراسات الجغرافية أول مرة من قبل Tobler سنة 1979، حيث أصبح محل اهتمام الدراسات الحضرية منذ تلك الفترة (Rui, 2013, p. 30).

يعمل النموذج بطريقة بسيطة من خلال تفاعل الخلايا إلا أنه يعبر عن تعقيد السلوك العام بفعالية، حيث يمكنه إنشاء هياكل معقدة للغاية، بالإضافة إلى امتلاكه القدرة على استكشاف عدد واسع من القضايا النظرية الأساسية في الديناميكيات والتطور (White & Engelen, 1993). هذا النموذج هو نهج لنمذجة الأنظمة المفتوحة، المعقدة وذاتية التنظيم التي تؤكد على أن القرارات التي يتم اتخاذها محلياً تؤدي إلى ظهور أنماط شاملة (Wu, 1998).

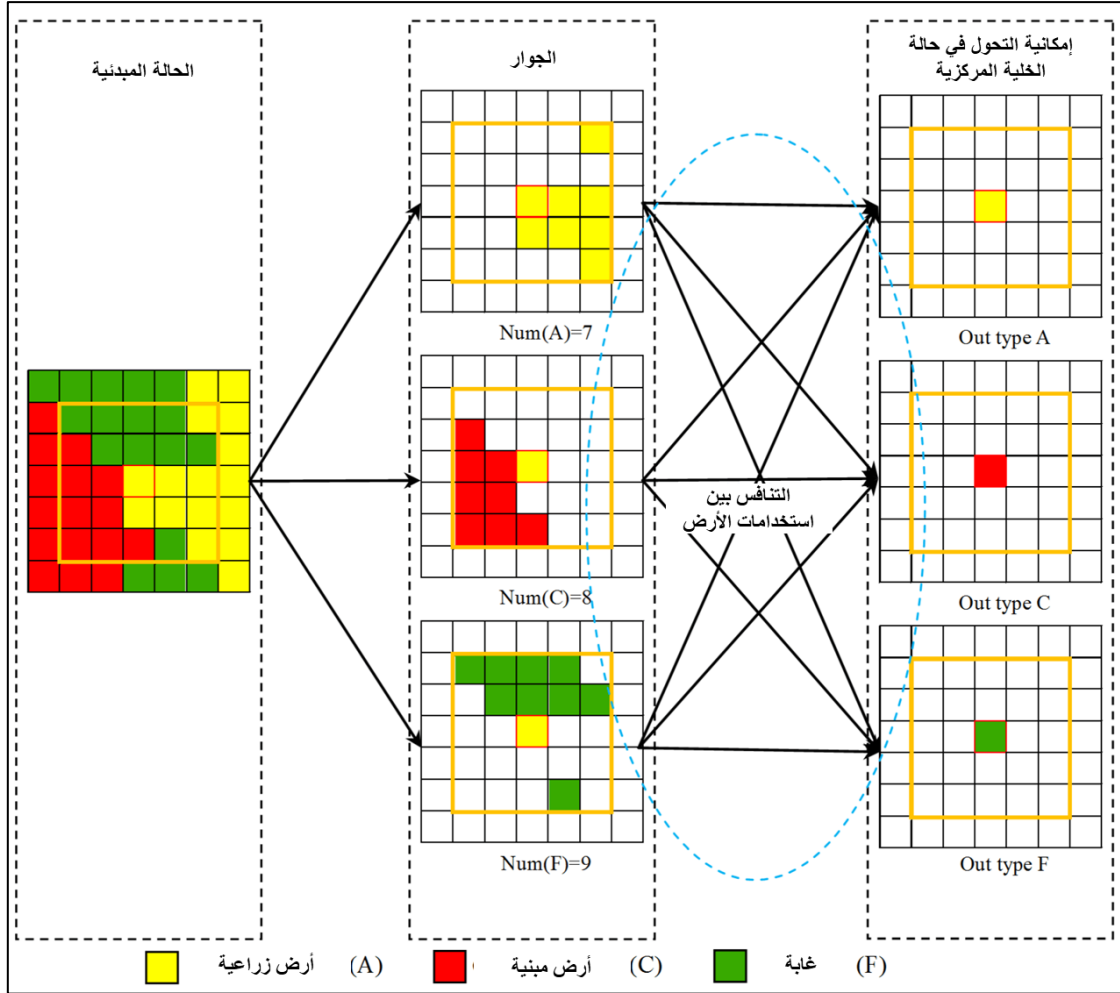
تحتوي هذه النماذج على نوعين مختلفين من المهام المهمة: المحاكاة والخيار الأمثل. تهدف المحاكاة إلى تطوير سيناريوهات واقعية في ظل ظروف محددة، في حين أن الخيار الأمثل هو توفير الحل الأمثل لمشكلة التخطيط. من خلال الجمع بين المحاكاة والخيار الأمثل، يمكن لهذه النماذج مساعدة المخططين على التنبؤ بنتائج التغييرات التي تحدث في ظل ظروف مختلفة (Li, 2014).

يعتمد نموذج الخلايا على أربع مكونات أساسية هي: الخلية، الحالة، الجوار وقواعد الانتقال (Rui, 2013, p. 30). تتكون الخلايا الأوتوماتيكية من شبكة منتظمة من «الخلايا» المتصلة محلياً في مساحة ذات أبعاد n ، تحتوي كل خلية على عدد ثابت من الخلايا المجاورة التي تتلامس معها بشكل مباشر، تكون الخلية في وقت معين t في حالة تنتمي إلى مجموعة محدودة من الحالات المحتملة، وتتغير حالة الخلايا في نفس الوقت وفقاً للقواعد المحددة في النموذج. تعتمد حالة الخلية في كل مرة في الزمن t فقط على الحالة في نفس الوقت وحالة الخلايا المجاورة في الوقت $t-1$ ، ويتم تحديدها وفقاً لوظيفة انتقالية (Aguejdad, 2009, p. 66). يمثل الشكل رقم 14 طريقة عمل نماذج الأوتوماتا الخلوي.

يمتلك نموذج الخلايا الأوتوماتيكية العديد من المزايا، حيث يعتبر نظام بسيط ومتكامل يسمح بنمذجة النظم المكانية البسيطة والمعقدة بجميع أشكالها، كما يمكن دمجها مع تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد لأنه يعمل على النظام الشبكي (raster-format)، بالإضافة إلى ذلك فهو يمتلك كفاءة حسابية عالية، زيادة على أنه نظام قائم على القواعد الأمر الذي يمكنه من نمذجة مجموعة من السلوكيات المكانية، فهو نظام يمكنه التعامل مع خيارات متنوعة من الأولويات، وإنتاج سيناريوهات تغطي

العديد من التأثيرات (Al-Ahmadi et al., 2009; Bhatta, 2010, p. 111; C. Li, 2014, p. 30).

الشكل رقم 14: طريقة عمل نماذج الأوتوماتا الخلوي.



المصدر: من انجاز الطالب بالاعتماد على (Yang et al., 2016).

إلا أن أي نموذج يمتلك نقائص، فبالرغم من التقاط النمط المكاني الزمني للتغير الحضري من خلال دمج تأثير التفاعل المكاني في النموذج، إلا أن القدرة التفسيرية الضعيفة لنماذج المحاكاة حدثت من فهم التفاصيل وإمكانية تفسير ديناميكيات النمو الحضري مع القوى الدافعة المحتملة (Abebe, 2013, p. 20). فهي لا تتناول العلاقة السببية بين مختلف العوامل السوسيو اقتصادية والنمو الحضري، حيث تستمد الخلايا احتمالات تغير استخدام الأراضي من البيانات المبنية على تاريخ تغييرات استخدام الأراضي (Aguejedad, 2009, p. 67).

4.2. النماذج الإحصائية:

تم استعمال النماذج الإحصائية في دراسة تغير استعمال الأرض منذ الستينات إلى وقتنا الحالي، حيث تمثل أحد أشهر الطرق لتحليل تغير استعمال الأرض ومحدداته (Briassoulis, 2000, p. 84; Koomen & Stillwell, 2007, p. 09). تقوم عملية النمذجة الإحصائية على اشتقاق العلاقة الرياضية بين المتغيرات التابعة والمتغيرات المستقلة (Briassoulis, 2000, p. 84). توجد العديد من التقنيات الإحصائية المستعملة لدراسة المجال الحضري مثل: تقنيات تحليل الانحدار (الانحدار الخطي، اللوجستي، المتعدد) يمكن أن تساعد في تحديد العوامل الدافعة للنمو الحضري وتحديد تأثير المتغيرات المستقلة ومستوى أهميتها (Huang et al., 2009; Koomen & Stillwell, 2007, p. 09).

تتمثل قدرة النماذج الإحصائية في بساطة الاستعمال وتفسير النتائج، فهي مبنية على أسس رياضية تمكنها من ربط الأنماط المكانية للتوسع العمراني مع عوامله الدافعة (Abebe, 2013, p. 20). مع ذلك، فإن هذه النماذج تعاني من خطية النموذج، أي أن أي تغير في وحدة في أي متغير مستقل ينتج نفس المقدار من تغير نوع من استخدامات الأرض، كما يصعب التحقق والدفاع عنه باستخدام أسس نظرية أو علمية (Briassoulis, 2000, p. 89). زيادة على ذلك، فإن قدرة التنبؤ بسيناريوهات مختلفة في هذه النماذج تعتبر محدودة خاصة في الفترات الزمنية الطويلة، حيث لا تأخذ بعين الاعتبار التغيرات الاقتصادية والاجتماعية المحتملة (Koomen & Stillwell, 2007, p. 10).

اقترح الباحثون حلين للمشاكل السابقة (Cheng, 2003, p. 36):

- أخذ العينات المكانية (عشوائية، منتظمة، مزيج بين التقنيتين لتغطية عيوبهما) ودمجها مع التحليل التقليدي.
- تقنيات إحصائية جديدة تعتمد على العلاقات المكانية على غرار التبعية المكانية (spatial dependence) واللاتجانس المكاني (spatial heterogeneity) كنموذج الانحدار الجغرافي الموزون.

3. سيناريوهات التوسع المستقبلي (الخطط البديلة للتوسع المستقبلي):

تتم نمذجة التوسع العمراني وتقييم الآثار المرتبطة به لمساعدة المخططين وصناع القرار على تحديد السياسات والخطط المستقبلية، من خلال محاكات التوسع المستقبلي وفق سيناريوهات افتراضية مبنية على فرضيات تعبر عن رؤيتهم المستقبلية للوصول إلى أهداف معينة (Perveen, Yigitcanlar, et al., 2017). فالسيناريوهات هي أدوات للتفكير والبحث عن الخيارات البديلة، تستعمل كوسيلة لتحسين والبحث

عن البدائل المستقبلية المحتملة من قبل المخططين، فهي تمثل الصورة أو الانعكاس المحتمل للنتائج لتطبيق سياسة أو خطة معينة (Xiang & Clarke, 2003).

1.3. مكونات السيناريو:

تتمحور هذه السيناريوهات حول خمس مكونات أساسية هي:

- البدائل التي تعبر عن الخيارات المحتملة لخطط استخدام الأرض، السياسات والقوانين.
- النتائج التي تعكس تأثير كل بديل على مستقبل التوسع على حساب منطقة جغرافية.
- الأسباب التي تمثل العلاقة السببية بين البدائل والنتائج.
- الإطار الزمني وهو المدة الزمنية بين تطبيق البدائل وظهور النتائج.
- الآثار الجغرافية والتي تعبر عن أماكن توجيه مخططات البدائل، وعلامات الفشل المتوقعة في منطقة جغرافية ما (Xiang & Clarke, 2003).

تنقسم مناهج التخطيط القائمة على السيناريوهات إلى التقليدية والحديثة. فالأساليب التقليدية تعتمد بشكل كبير على قدرة وأفكار المخططين لتوقع التوسع المستقبلي من خلال تدخلهم المباشر وذلك عبر مخططات التعمير، تخصيص استعمالات الأرض والتقسيم الوظيفي. عكس ذلك، فالأساليب الحديثة التي تعتمد على الوسائل التكنولوجية التي وفرت للمخططين القدرة على التعامل مع الظواهر الحضرية المعقدة من خلال خوارزميات النمذجة ومعالجة البيانات الضخمة بالاعتماد على أجهزة الكمبيوتر لتوقع المشاكل المستقبلية وإيجاد الحلول المناسبة (Perveen, Kamruzzaman, et al., 2017).

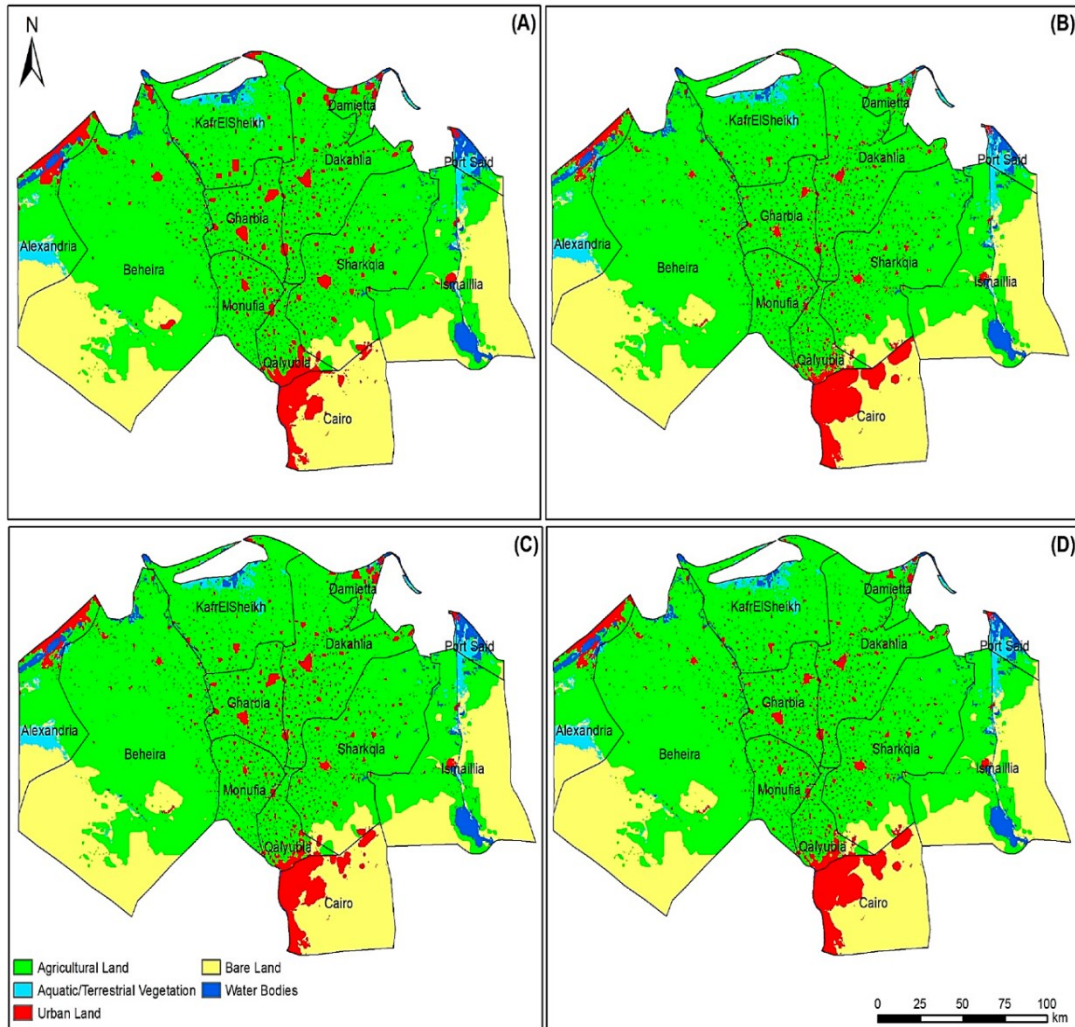
باستعمال هذه النماذج الحديثة يمكننا محاكاة سيناريوهات التوسع العمراني، حيث تمكننا من:

- وضع الخطط المستقبلية المبنية على تحديد مجال التوسع لتجنب حدوث المشاكل.
- الحد من الآثار السلبية للتوسع العمراني على مختلف الأصعدة (بيئي، اقتصادي، عمراني...).
- السيطرة على التوسع الزاحف من خلال عمليات التكثيف للمحافظة على الموارد وترشيد استهلاكها.
- استكشاف بدائل في التصميم الحضري التي تشجع الانسجام بين الإنسان والبيئة، وهي خطوة حاسمة في تصميم مستقبل مستدام (T. Xu et al., 2019).

تطرت العديد من الدراسات السابقة إلى تحليل مختلف السيناريوهات المحتملة التي تأخذ بعين الاعتبار تعدد سياسات التوسع العمراني. فمثلا (Gong et al., 2018) اقترح ثلاث سيناريوهات (المنطقة البيئية المحمية بصرامة، المنطقة متوسطة الحماية والمنطقة المحمية جزئيا) باستخدام نموذج التحول في استخدامات الأرض وتأثيراته (CLUE) كأداة لمحاكاة التوسع المستقبلي ومدى تأثيره بسياسات التقييد

المكاني حالة مدينة غانغزهو، الصين. كما اختبر (Radwan et al., 2019) ثلاث سيناريوهات للتوسع (التوسع دون قيود، حصر التوسع في الصحراء والتوسع المدفوع بالسكان) باستعمال نموذج الخلايا الأوتوماتيكية ونموذج سلسلة ماركوف للبحث عن حلول للتنمية الحضرية للمحافظة على الأراضي الزراعية لمجموعة مدن دلتا النيل، مصر (خريطة رقم 1). في حين أن (L. Zhou et al., 2020) تحقق من سيناريوين للتوسع (التوسع المقيد والتوسع المقيد بخطة) من خلال تصميم نموذج يعتمد على خوارزمية الغابة العشوائية والنموذج الخلوي ماركوف كأداة لتحسين الأنماط الحضرية المستقبلية للتوسع العمراني لمدينة شنغهاي، الصين. اختبر أيضا (Dadashpoor et al., 2019) ثلاث سيناريوهات (التوسع الغير مراقب، التوسع التاريخي والتوسع المخطط) بالاعتماد على نموذج الانحدار اللوجستي ونموذج التقييم متعدد المعايير للتنبؤ بأثر العوامل الدافعة لأنماط التوسع العمراني على المنطقة المتروبولية لمدينة تبريز، إيران.

خريطة رقم 1: سيناريوهات التوسع العمراني في مدن دلتا النيل مصر.



المصدر: (Radwan et al., 2019).

اقترح (Lindgren & Bandhold, 2009, p. 31) سبعة معايير لتقييم جودة السيناريو، تتمثل في:

- (1) قوة صناعة القرار: حيث تعبر عن الرؤيا الأساسية للهدف المنشود وفق سيناريو معين.
- (2) المعقولية: حيث يراعي السيناريو الأحداث المستقبلية من خلال الوصول إلى أهداف معقولة.
- (3) البدائل: وهي السيناريوهات المحتملة التي تدعم السيناريو الأساسي في حالة تغير الظروف أو المعطيات.
- (4) التناسق: الذي يعبر عن مصداقية السيناريو.
- (5) التمايز: وهو المعيار الذي يحدد الاختلاف بين السيناريوهات بشرط احترام الحجم والقواعد الأساسية للسيناريو الأساسي.
- (6) سهولة التذكر: يجب أن تتوفر السيناريوهات على ميزة سهولة التذكر والتمييز، وذلك من خلال التقليل من عددها أو تسميتها بأسماء سهلة التذكر.
- (7) التحدي: يمثل المعيار الأخير قدرة السيناريو على تحدي المجهول.

تضمن هذه المعايير جودة السيناريو، إلا أنها غير مناسبة لاختيار البديل الأمثل في حالة وجود عدة سيناريوهات. وبالتالي كيف يمكن تقييم مختلف السيناريوهات؟

2.3. تقييم السيناريو:

لم يتم التطرق إلى تقييم السيناريو في بحوث كثيرة رغم أهميتها الكبيرة في تحديد مدى مواكبة السيناريوهات المستقبلية للمتطلبات المختلفة. فعملية التقييم بإمكانها أن تجنب المخطئين العواقب الوخيمة لكل سيناريو كما يمكنها أن تكون السبيل لاختيار البدائل الأمثل التي تواكب التوقعات المستقبلية (Cordova-Pozo & Rouwette, 2023).

يعد استخدام المقاييس المجالية من أبرز الطرق المستعملة في تقييم السيناريوهات، فقد استخدمت على صعيد واسع في البحوث التي تحلل التغيرات الأرضية، حيث تعطي تفسيرات منطقية لأنماط المكانية لاستخدامات الأرض. من أهم هذه المقاييس هناك عدد البقع، كثافة البقع، مؤشر الشكل وغيرها... (Kang et al., 2021; Li et al., 2021).

رغم أهميتها، فإن البحوث التي تناولت تقييم السيناريوهات، خاصة عبر المقاييس المكانية لا تزال محدودة (Thapa & Murayama, 2012). هذا النهج يمكن أن يحسن بشكل كبير دقة التقييم لتوطين التغيرات في أنماط شغل الأراضي، مما يساهم في صياغة سياسات تخطيط أكثر فعالية.

خلاصة المحور:

تعد النمذجة والمحاكاة من الأدوات الأساسية لدراسة التوسع العمراني، حيث تساهم في فهم الديناميكيات الحضرية والتنبؤ بالتغيرات المستقبلية. مع تقدم التكنولوجيا وتطور الحواسيب، أصبحت النماذج الحضرية أكثر تعقيدًا وفعالية، مما أتاح التعامل مع الظواهر المعقدة التي تتسم بها البيئات الحضرية.

خلال فترة الستينات وحتى الثمانينات، شهدت النماذج التقليدية تحديات كبيرة في استيعاب التغيرات السريعة في المدن. فشلت هذه النماذج في تفسير الأشكال الحضرية الجديدة، مما أدى إلى ظهور نماذج أكثر تخصصًا، تعتمد على تقسيم الأنظمة إلى وحدات فرعية تأخذ في الاعتبار الخصائص الفريدة لكل منطقة.

تنقسم أساليب النمذجة إلى عدة فئات، من بينها:

- النماذج القائمة على العميل: تمثل سلوك الأفراد أو العناصر بشكل فردي، مما يتيح محاكاة التفاعلات المعقدة بين العناصر المختلفة.
- النماذج المعتمدة على نظم المعلومات الجغرافية (GIS): توفر أدوات تحليلية متقدمة تتعلق بالمعلومات المكانية، مما يساعد على فهم الأنماط المكانية للتوسع الحضري.
- النماذج القائمة على الخلايا: تستخدم شبكات من الخلايا لتحليل التغيرات الحضرية، مما يسمح بفهم كيفية تأثير القرارات المحلية على الأنماط العامة.

تتضمن النمذجة أيضًا استخدام السيناريوهات كأداة للتخطيط، حيث تسمح للمخططين باستكشاف خيارات مستقبلية مختلفة وتقييم آثار السياسات البديلة. تساهم هذه السيناريوهات في تحسين استراتيجيات التخطيط وتوفير حلول فعالة للمشكلات المعقدة التي تواجهها المدن.

مع ذلك، يظل هناك تحديات مرتبطة بالنمذجة، مثل ضعف القدرة التفسيرية لبعض النماذج وصعوبة التحقق من صحة النتائج. لذلك، يعد تحسين النماذج وتطوير تقنيات جديدة أمرًا ضروريًا لضمان فاعليتها في التنبؤ بتغيرات التوسع العمراني.

في الختام، تمثل النمذجة أداة قوية في فهم التوسع العمراني وتوجيه السياسات المستقبلية، مما يساهم في تحقيق تنمية حضرية مستدامة.

خلاصة الفصل:

من خلال المحور الأول من هذا الفصل، قمنا بتحديد المفاهيم المختلفة ذات الصلة وتوضيح الاختلافات بينها بما يخدم أهداف البحث. حيث وضعنا كل مفهوم في إطاره المناسب وفقاً لمختلف وجهات النظر، وحددنا خصائصه لاستخدامه في المواضيع المناسبة في الفصول اللاحقة. كما تطرقنا إلى أسباب التوسع العمراني ووضحنا العلاقة بينه وبين الشكل الحضري والتنمية المستدامة. يمكن تلخيص أهم النتائج المستخلصة من هذا المحور على النحو التالي:

- التوسع العمراني هو استجابة للنمو الحضري للمدينة، ويترجم بزيادة مساحتها المجالية. أما الزحف العمراني هو شكل غير مرغوب من أشكال التوسع، يتميز بالاستهلاك المفرط للأراضي وينتج العديد من المشاكل الاقتصادية والاجتماعية والبيئية. بينما أن التوسع العمراني يتأثر بالعديد من العوامل الاجتماعية، الاقتصادية، الطبيعية والسياسية مما يؤدي إلى إنتاج أشكال حضرية مختلفة ناتجة عن توسعات المجالات الحضرية.

- تكلمنا في هذا المحور عن المدينة المدمجة والتي تنتج عن عمليات التوسع العمراني المخطط التي تعتمد على التكثيف والاستغلال الأمثل للمجال حيث تعد المدينة المدمجة أحد الأشكال الحضرية المستدامة، حيث تدعم الاستخدام المختلط للأراضي، مما يقلل من الاعتماد على وسائل النقل ويرشد استهلاك الطاقة، كما تحافظ على الموارد الطبيعية من خلال التعمير العالي الكثافة الذي يقلل من استهلاك الأراضي... قد تنتج بعض المشاكل المتعلقة بارتفاع الكثافة في المدينة المدمجة، مثل ارتفاع أسعار السكن ومحدودية مساحته، وزيادة احتمالية الإصابة بالاكنتاب، والنقص في المساحات الخضراء، وزيادة معدل الجريمة... على النقيض، تعبر المدينة الممتدة عن شكل حضري غير مستدام، حيث تتطلب استهلاكاً متزايداً للأراضي والطاقة والموارد، بالإضافة إلى ظهور الفوارق الاجتماعية وانعدام الأمن...

في المحور الثاني من هذا الفصل، تم استعراض الوسائل والطرق التقنية المستخدمة في الدراسات السابقة لرصد وتحليل التوسع العمراني وتحديد عوامله الدافعة. من خلال ذلك، تم تحديد الأدوات والمنهجيات الضرورية للاستخدام في الجانب التطبيقي للدراسة، والمتمثلة في:

- تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية والتقنيات المرتبطة بهما لجمع وتصنيف وتحليل البيانات المتعلقة بالتوسع العمراني.
- المقاييس المكانية كأداة لتحديد أنماط التوسع العمراني المختلفة وإبراز أهميتها استناداً إلى الدراسات السابقة.

• تحديد أهم العوامل التي يمكن قياسها مكانياً باستخدام الوسائل التقنية المعتمدة في الدراسات السابقة. في المحور الثالث، تم التأكيد على أهمية نمذجة التوسع العمراني. فالنمذجة الحضرية تعد عملية تسمح بمحاكاة التوسع العمراني في الماضي والحاضر والمستقبل بناء على محدداته. توفر هذه العملية بيئة افتراضية تعكس العمليات العمرانية في فترات زمنية مختلفة، مما يساهم في فهم الظاهرة بشكل أفضل. لتحقيق ذلك، تم توضيح الفرق بين مختلف طرق النمذجة من خلال استعراض خصائصها. وتم اختيار نموذجين رئيسيين:

- النمذجة الإحصائية لقياس العلاقة بين التوسع العمراني ومحدداته المكانية.
 - النمذجة القائمة على الخلايا لتحديد السيناريوهات المستقبلية للتوسع العمراني.
- نظراً لأن الدراسة تتطلب تحديد مجموعة من السيناريوهات، تم التطرق إلى الجوانب المختلفة المتعلقة ببناء سيناريو وتوضيح أهميته في تحديد التوجهات المستقبلية للتوسع العمراني. وفي النهاية، تم التأكيد على أهمية تقييم السيناريوهات لتحديد السيناريو الأمثل.

الفصل الثاني: مجال الدراسة ومصادر البيانات.

مقدمة الفصل:

إن فهم ديناميكيات التوسع العمراني في مدينة ميله يتطلب دراسة شاملة ومتعمقة تأخذ بعين الاعتبار مختلف العوامل المؤثرة. تعد مدينة ميله من المراكز الحضرية ذات الأهمية التاريخية والاستراتيجية في الجزائر. تقع في الشمال الشرقي للبلاد، وتمتاز بموقع جغرافي فريد يربط بين السهول العليا والمناطق الجبلية، مما أكسبها دورًا محوريًا في النسيج الحضاري والاقتصادي للمنطقة. تكتسي دراسة التوزيع السكاني لمدينة ميله أهمية بالغة في فهم الديناميكية الحضرية وأنماط التوسع العمراني، حيث تسمح باستقراء اتجاهاته وتحديد العوامل المؤثرة فيه. حيث يتأثر التوسع العمراني لمدينة ميله بمجموعة من العوامل الفيزيائية والسوسيو-اقتصادية، والتي تلعب دورًا محوريًا في توجيه عملية التوسع العمراني وتحديد أنماط استخدام الأراضي.

يرتبط تحليل التوسع العمراني بمدى توفر البيانات وجودتها. ففي العصر الحالي، تمثل البيانات موردًا استراتيجيًا للمجتمعات والدول، حيث تبرز أهميتها في توجيه عملية صنع القرار ودعم البحث العلمي وتعزيز التخطيط الاستراتيجي. فنظرًا للتحديات المرتبطة بجمع البيانات، تم اعتماد تقنيات متقدمة مثل الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية (GIS). هذه التقنيات تتيح تجاوز العقبات التقليدية في جمع البيانات وتوفير رؤية شاملة ودقيقة لمنطقة الدراسة، مما يعزز القدرة على اتخاذ قرارات مستنيرة في مجال التخطيط الحضري.

يعرض هذا الفصل وضع مدينة ميله وسبب اختيارها كمجال للدراسة وذلك عبر إبراز أهميتها على المستوى الوطني والمحلي وعرض خصائصها الجغرافية، التاريخية، الاجتماعية، الاقتصادية والعمرانية. كما يعرض طريقة الجمع والمعالجة الأولية للمعطيات. تم ذلك من خلال تقسيم الفصل إلى محورين:

- **المحور الأول:** يبرز هذا المحور موقع مدينة ميله على المستوى الوطني والمحلي، ويوضح أهميتها التاريخية والسوسيو اقتصادية، كما يبرز التحديات الطبيعية والعمرانية للمدينة.
- **المحور الثاني:** يتبنى هذا المحور طريقة جمع البيانات ومعالجتها باستعمال التقنيات الحديثة.

المحور الأول: أسباب اختيار مدينة ميله كمجال للدراسة.

مقدمة المحور:

تعد دراسة النمو السكاني والخصائص المتعددة للمدن ركيزة أساسية في فهم ديناميكيات التوسع العمراني وتوجيه عمليات التخطيط الحضري المستدام. في هذا السياق، تبرز أهمية تحليل الجوانب التاريخية والاجتماعية والاقتصادية والجغرافية والعمرانية للمدينة كعوامل متشابكة تؤثر بشكل مباشر على نمط وسرعة التوسع العمراني.

تكشف دراسة النمو السكاني عن الاتجاهات الديموغرافية وتوقعات الطلب المستقبلي على الخدمات والبنى التحتية، مما يساعد في التخطيط الاستباقي للتوسع العمراني. كما أن فهم الخلفية التاريخية للمدينة يسלט الضوء على تطورها عبر الزمن، ويوفر رؤية قيمة حول الهوية الحضرية والتراث الثقافي الذي ينبغي الحفاظ عليه خلال عمليات التوسع.

الجوانب الاجتماعية، من حيث التركيبة السكانية والعادات والتقاليد، تلعب دوراً محورياً في تشكيل أنماط الاستيطان وتفضيلات السكن، مما يؤثر بدوره على اتجاهات التوسع العمراني. وبالمثل، فإن الخصائص الاقتصادية، بما فيها طبيعة النشاطات الاقتصادية ومستويات الدخل، تحدد قدرة المجتمع على الاستثمار في التطوير العمراني وتوجه نوعية المشاريع السكنية والتجارية.

الخصائص الجغرافية، من تضاريس ومناخ وموارد طبيعية، تضع الإطار الطبيعي الذي يتم فيه التوسع العمراني، محددة بذلك الفرص والتحديات أمام النمو الحضري. أما الجوانب العمرانية، فتعكس النمط المعماري السائد والبنية التحتية القائمة، والتي تشكل الأساس الذي ينطلق منه أي توسع مستقبلي.

يوفر الربط بين العوامل المتعددة والتوسع العمراني فهماً شاملاً لديناميكيات النمو الحضري في مدينة ميله. هذا الفهم يعد أساسياً لوضع استراتيجيات تخطيط فعالة تلبي احتياجات السكان المتزايدة، مع الحفاظ على الهوية الثقافية للمدينة واستدامة مواردها. من خلال هذا المحور، سنتمكن من فهم التحديات والفرص المستقبلية بشكل أعمق. هذا التحليل سيمهد الطريق لوضع استراتيجيات تخطيط حضري مستدامة تراعي خصوصيات مدينة ميله وتطلعات سكانها، مما يضمن تنمية حضرية متوازنة ومستدامة.

1. مدينة ميلة على المستوى الوطني:

من منطلق تاريخي، تعد ظاهرة التحضر في الجزائر ظاهرة قديمة، وذلك راجع لتعاقب العديد من الحضارات على إقليمها الجغرافي والتي ساهمت في بناء الشبكة الحضرية الحالية للبلاد، وتعد فترة الاستعمار الفرنسي أهم مرحلة في التنظيم المجالي الجزائري، فقد ساهمت في تأسيس معظم مدن الشبكة الحضرية الحديثة وقد اعتمد في ذلك على الشبكة الحضرية الموروثة عن التعاقب الحضاري في المنطقة، واستغلها في الهيمنة الفكرية والاقتصادية والاجتماعية في محاولته لبناء الجزائر الفرنسية كما كان يتمناها. تطورت في هذه الفترة نسبة التحضر من 13,95% سنة 1886 لتبلغ 25,05% سنة 1954، نتيجة النزوح الريفي نحو المدن (حربوش، 2017).

بعد الاستقلال، عرفت الجزائر انفجارا ديموغرافيا كبيرا استمر بوتيرة متصاعدة، صحبه ارتفاع في معدل التحضر الذي ارتفع من 31,43% سنة 1966 ليصل إلى 65,94% سنة 2008، كما هو موضح في الجدول رقم 8.

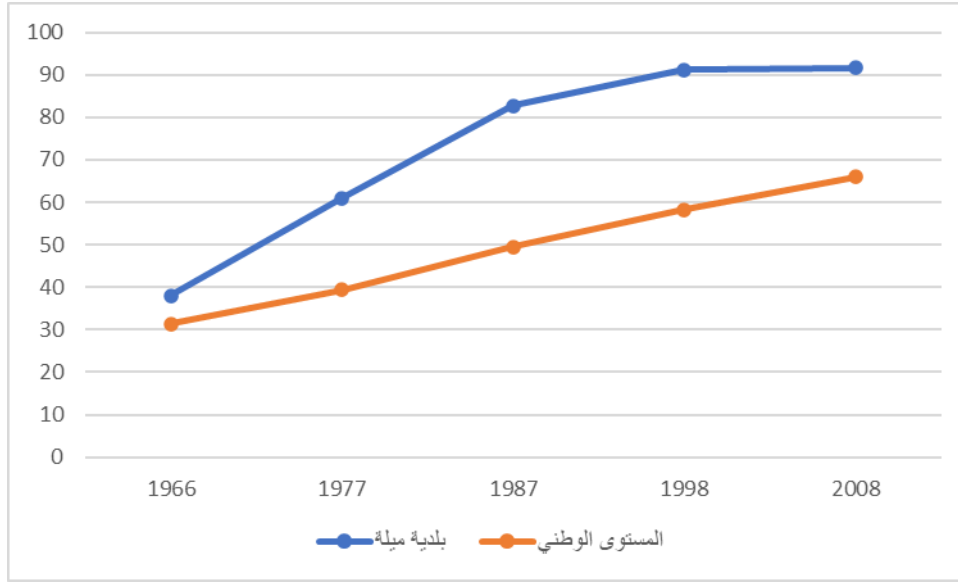
جدول رقم 8: التوزيع السكاني ونسب التحضر في الجزائر بعد الاستقلال.

نسبة التحضر %	زيادة سكان الحضر بالآلاف	السكان بالآلاف			السنة
		المجموع	الريفيين	الحضريين	
31,43	1620	12022	8244	3778	1966
39,45	2909	16948	10261	6687	1977
49,54	4733	23051	11631	11420	1987
58,27	5544	29113	12149	16964	1998
65,94	5507	34080	11609	22471	2008
75	11734	45606	11401	34205	2023

المصدر: الديوان الوطني للإحصاء (Armature urbaine, 2011) + إحصائيات البنك الدولي 2023.

مقارنة مع نسبة التحضر الوطنية فإن مدينة ميلة سجلت معدلات تحضر أسرع من المتوسط الوطني، حيث ارتفع بشكل حاد من 38% إلى 83% بمعدل 2,14%/ السنة في الفترة بين 1966 و1987، لتتناقص حدته بشكل كبير في الفترة بين 1987 إلى 1998 بمعدل 0,72%/ السنة، حيث بلغ 91% واستقر إلى غاية 2008. عكس المعدل الوطني الذي عرف ارتفاعا مستقرا عبر جميع الفترات الزمنية حيث ارتفع من 31% سنة 1966 ليبلغ 66% سنة 2008، أي بمعدل 0,83%/ السنة (شكل رقم 15).

الشكل رقم 15: مقارنة نسب التحضر بين المستوى الوطني وبلدية ميلة.



المصدر: الديوان الوطني للإحصاء، 2011.

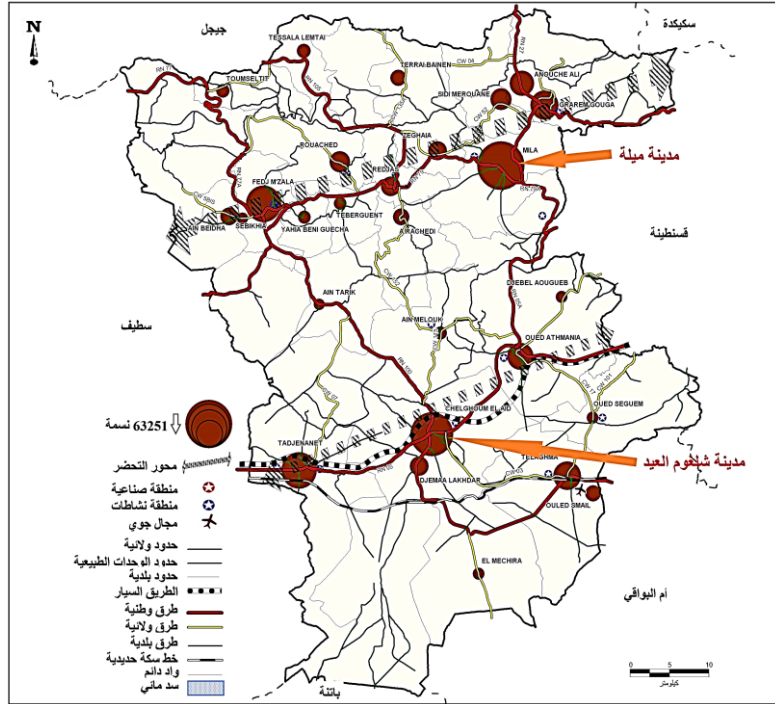
2. مدينة ميلة على المستوى المحلي:

1.1. الشبكة الحضرية لولاية ميلة:

تقع ولاية ميلة في الشمال الشرقي للبلاد، تضم من الناحية الإدارية 13 دائرة مقسمة إلى 32 بلدية، عرفت الولاية معدلات مرتفعة لنمو السكان 11,9% بين 1977-1987، وانخفض هذا المعدل إلى 05% بين 1987-1998 و 4,5% بين 1998-2008، ورغم ارتفاع معدلات نمو السكان إلا أن الولاية يتوازن فيها الطابع الريفي مع الحضري بمعدل تحضر 58% سنة 2008 (ONS, 2011)، ويرجع السبب إلى طبيعتها الجغرافية من جهة فهي ولاية متنوعة التضاريس، ومن جهة أخرى ضعف التنمية الاقتصادية، ورغم ترقيتها إلى رتبة ولاية سنة 1984 إلا أن العديد من بلدياتها يقع ضمن مجال النفوذ الحضري لقسنطينة (PAW, 2014).

تتهدك الشبكة الحضرية لولاية ميلة حول محورين رئيسيين والمتمثلين في الطريق الوطني رقم 79 و 27 شمالا والطريق الوطني 05 و 100 جنوبا، تعود أغلب التجمعات الحضرية الديناميكية في نشأتها لفترة الاستعمارية وقبل الاستعمار، وتمثل مدينة ميلة وفرجوة شمالا وشلغوم العيد جنوبا أهم التجمعات الحضرية، كل قطب يرتبط به مجموعة من التجمعات الصغيرة تشكل فيما بينها مجالا حضريا يهيكل مناطقها الريفية (خريطة رقم 2).

خريطة رقم 2: الشبكة الحضرية لولاية ميلة.



المصدر: مخطط تهيئة ولاية ميلة (PAW) 2014.

يوضح هذا التوزيع نقاط الضعف والمتمثلة في:

- تطور الشبكة الحضرية عبر محورين متوازيين ينتج عنه توزيع ممتد عبر الإقليم شمالا وجنوبا.
- عدم تواجد مدينة كبرى، حيث تهكيل إقليم الولاية مجموعة المدن المتوسطة والتجمعات الصغرى.
- غياب الوحدات الصناعية والإنتاجية التي تمثل محرك التطور الحضري.

ومن هذا المنطلق نسلط الضوء على مدينة ميلة التي تشكل إحدى المدن المتوسطة التي تهكيل المحور الشمالي للولاية.

2.2. العلاقة بين المدينة ومجالها الإقليمي:

تمثل مدينة ميلة أهم الأقطاب الحضرية الثلاث المهيكله لمجال الولاية، إلى أن موقعها الجغرافي ومسافتها القريبة من مدينة قسنطينة جعل مجال نفوذها على محيطها المجاور يتأثر بمجال النفوذ الكبير لمدينة قسنطينة. فمدينة ميلة تتحكم في منطقة صغيرة من الولاية بشكل غير كلي، تتمثل أساسا في البلديات المجاورة (سيدي مروان، زغاية، سيدي خليفة والشيقارة)، وبشكل أقل على بلديات (القرارم، واد النجاء، أحمد راشدي وفرجيوة) (BOUSMAHA et BOULKAIBET, 2018). (خريطة رقم 3)

بوعروج بها مختلف التخصصات و3 مخابر، وعيادة صناوة، وعيادة بن معمر التي تعد الأهم وتضم العديد من التخصصات. وتغطي هذه المرافق الصحية احتياجات سكان 7 بلديات وهي: ميله، سيدي مروان، القرارم، قوقة، حمالة، سيدي خليفة، الشيقارة، زغاية.

أما قطاع التعليم، فتحتوي المدينة على 28 مؤسسة تعليمية، منها 11 متوسطة بإجمالي 181 قسم، و5 ثانويات بـ 97 قسم. بالإضافة لمعهد وطني للتكوين المهني سعته 300 مقعد، ومركزين للتكوين المهني سعتهما 1200 مقعد. تضم المدينة أيضا مركز جامعي عبد الحفيظ بوصوف، وهو المؤسسة الجامعية الوحيدة في الولاية، بدأ نشاطه سنة 2008 بسعة 1000 طالب ووصل عدد طلابه 10000 في 2019/2018، معظمهم من داخل ولاية ميله.

على صعيد الصناعة، استقرت أول المنشآت الصناعية العمومية في ميله في 1980، كوحدي إنتاج الفخار والأجر بطاقة 363.9 طن/سنة و58600 طن/سنة على التوالي. كما أنشئت منطقة نشاطات مقسمة إلى 62 حصة سنة 1988، إضافة لبعض المؤسسات الصغيرة الخاصة (عمروعايش، 2021).

3. الخصائص التاريخية، الطبيعية، الاقتصادية والاجتماعية لمدينة ميله.

1.3. البعد التاريخي للمدينة:

إن الدراسة التاريخية تعطي محاكات للبنية المعمارية والتركيبية العمرانية للمدينة وتمكننا من معرفة ماضي المدينة وربطه بالحاضر استشراف التخطيط المستقبلي.

يعد الشمال الإفريقي من أكثر المناطق التي شهدت تعاقب حضاري في العالم، باعتباره أرض خام تمتلك من المقومات الطبيعية والاستراتيجية ما جعلها هدفا لمختلف الحضارات التي تعاقبت منذ ما قبل التاريخ. تعتبر النواة الأولى لمدينة ميله أحد أهم الشواهد التاريخية على التواجد الحضاري في الجزائر، فالآثار القائمة حاليا من تماثيل، أسوار، عين البلد ومسجد عقبة بن نافع وغيرها، تمثل متحفا على الهواء الطلق. أطلق على المدينة العديد من الأسماء في مختلف الفترات ومنها: MILEV, MULIUM, MILAH, MEDIUS, MILOU ، وفي الأخير ميله.

يعود التواجد الأول للمدينة إلى العهد النوميدي قبل التواجد الروماني في الجزائر تحت حكم الملك مانساس، لكن لم ترد أي معلومة حول كونها مدينة بمفهومها القديم أو مجرد قطاع أو إقليم. يذكر أن المدينة سميت تلك الفترة بـ "ميلو" تيمنا بالملكة البربرية التي حكمت تلك الفترة (مجان، 2016). (صورة رقم 2)

صورة رقم 2: تمثال الملكة ميلو (الثكنة العسكرية ميلة القديمة).



المصدر: الطالب 2023.

في عام 47 قبل الميلاد بدأ الغزو الروماني للجزائر بقيادة "قيصر" وأعوانه، بعد الانتصار تم إهداء القطاع المعروف بالكونفدرالية السيرتية للمرتزق سيتيوس (Sitius) الذي يتكون من أربع مناطق عواصمها كل من قسنطينة (Cirta)، القل (Collo)، سكيكدة (Rusicade) وميلة (Milev). برزت المدينة في الساحة التاريخية سنة 256م، حيث أصبحت المدينة أسقفية وظهرت في كتابات القديس كيبريانوس (Cyprianus) خلال المجمع الديني المسيحي في قرطاج. في سنة 260م اشتهرت المدينة بالأسقف بوليانوس (Polianus de Milev) والذي سميت المدينة باسمه في الفترة الرومانية (bouklouha,) (2014)، أهم معلم أثري قائمة حاليا يثبت الوجود الروماني يسمى عين البلد (صورة رقم 3). احتلت المدينة بعدها من قبل الونداليين لكن لم يتم ترك أي آثار تعبر عن تواجدهم في المدينة.

صورة رقم 3: المنبع الطبيعي عين البلد (مدينة ميلة القديمة).



المصدر: الطالب 2023.

خلال فترة بين 539م-540م قام البيزنطيون باحتلال التل النوميدي الذي يمتد من الأوراس إلى البحر، خلال الحملة الثانية لصولومون لاحتلال الشمال الإفريقي (تيمليكشت، 2011). خلال التواجد البيزنطي في مدينة ميلة تم تحصينها بجدار دفاعي يمتد حولها، وذلك لما تمتلكه المنطقة من مقومات طبيعية جعلتها محط أنظار مختلف الغزاة (صورة رقم 4 و5).

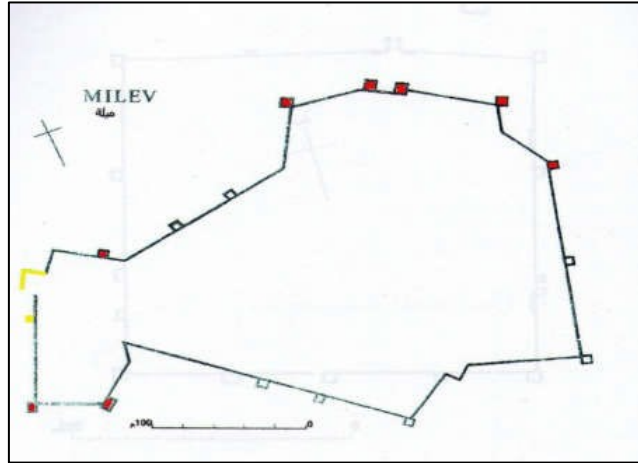
صورة رقم 4: مختلف مكونات السور البيزنطي.



ملاحظة: على اليمين (السور)، وعلى اليسار (البرج الدفاعي)

المصدر: (مجاني، 2016).

صورة رقم 5: مخطط السور البيزنطي.



المصدر: (مجاني، 2016).

استمر الحكم البيزنطي لمدينة ميلة إلى غاية 680هـ/680م، حيث فتحت من قبل المسلمين بقيادة أبو المهاجر دينار الذي استقر بالمدينة مدة طويلة ما جعلها عاصمة الولاية المغربية لمدة سنتين، خلالها قام بإنشاء دار للإمارة وأول مسجد في الجزائر الذي سمي بمسجد سيدي غانم (صورة رقم 6). ازدهرت المدينة

في العهد الإسلام وأصبحت مركزا لتعليم اللغة والدين، إلا أن المدينة عرفت العديد من الصراعات في ظل التغيرات السياسية في العالم الإسلامي. استمرت المدينة تحت حكم المسلمين إلى غاية وصول الزحف الفرنسي نحو المدينة (فيلاي، 1993).

صورة رقم 6: مسجد سيدي غانم.



المصدر: (تمليكشت، 2011)

2.3. الموقع والخصائص الفيزيائية للمدينة:

1.2.3. موقع المدينة:

يبرز الموقع الجغرافي أهم الخصائص الطبيعية للمدينة ويحدد موقعها ضمن محيطها الطبيعي، في حين أن موقعها الإداري يعبر عن دورها في التسيير والمحافظة على توازن الإقليم.

فمن الناحية الجغرافية، تقع مدينة ميلة في الشمال الشرقي للولاية على متوسط ارتفاع 480 م، حيث تشكل همزة وصل بين السهول العليا القسنطينية وبين السلسلة التلية في الشمال. تحيطها مجموعة من السلاسل الجبلية من الجهات الجغرافية الأربع. فكما سبق وذكرنا فإن البعد الاستراتيجي لموقع المدينة يمتد تاريخيا إلى الشبكة الحضرية في عهد الاحتلال الروماني للجزائر حيث تتوسط مجموعة المدن المهمة في الشرق الجزائري وتؤدي مختلف الأدوار الاقتصادية والعسكرية. حاليا، تحتفظ المدينة بأهمية موقعها ضمن الشبكة الحضرية كمدينة ربط بين أهم مدن الشبكة كقسنطينة، جيجل، شلغوم العيد... (خريطة رقم 2 مذكورة سابقا)

2.2.3. موضع المدينة:

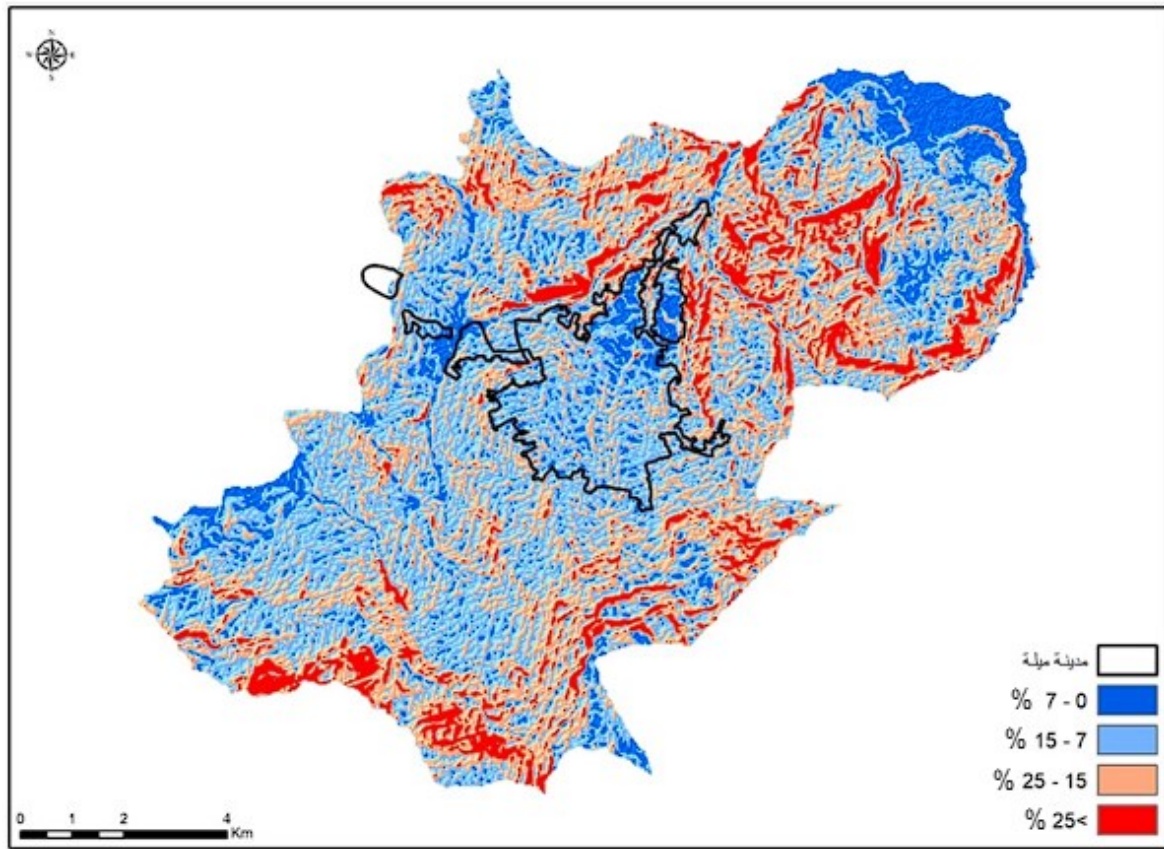
يعبر موضع المدينة عن التشكيلات التضاريسية والتكوينات الجيولوجية التي تحدد المعايير التقنية للتعمير واتجاهات التوسع حيث يتم دراسة موضع المدينة من خلال مجموعة من المؤشرات تتمثل فيما يلي:

❖ الانحدارات:

تساعد معرفة الانحدارات لمنطقة الدراسة على معرفة عوائق ومحفزات التوسع، فالمناطق ضعيفة الانحدار تعتبر المناطق المفضة للتعمير عكس المناطق ذات الانحدار القوي، فهي تختلف من حيث كلفة البناء والعديد من العوامل التقنية.

تتميز بلدية ميله بفارق ملحوظ في الانحدار من 0 إلى 79% حيث تم تقسيمها إلى أربع فئات كما توضح الخريطة رقم 4.

خريطة رقم 4: الانحدارات في بلدية ميله.



المصدر: أنجزت من طرف الباحث بالاعتماد على SRTM 30m

تمثل الانحدارات بين 15% و 25% الفئة السائدة في بلدية ميله بنسبة 42% من مساحة البلدية تتركز في المنطقة الشرقية والشمالية الشرقية، الجنوبية والجنوبية الغربية مع حدود المجال العمراني للمدينة. تليها الانحدارات بين 7% و 15% بنسبة كبيرة قدرت بـ 40% من مساحة البلدية، تنتشر على نطاق واسع عبر جميع الاتجاهات، تعتبر هي الفئة السائدة داخل المحيط العمراني للمدينة، بالإضافة إلى الانحدارات بين 0 و 7% والتي تمثل 10% من مساحة البلدية. أما فئة الانحدارات الأكبر من 25% فتشكل نسبة 9%

من المساحة والتي تتوزع في المنطقة الشمالية، الشمالية الشرقية، الجنوبية والجنوبية الغربية حول محيط المجال العمراني للمدينة.

يتواجد نسبة 45% من مساحة المدينة في الانحدارات المحصورة بين 7 و 15%، تليها نسبة 35% من المساحة في الانحدارات بين 15 و 25% والتي تتوزع عموماً في الجهة الشرقية، الجنوبية الشرقية، الجنوبية، الجنوبية الغربية، والجهة الغربية، بالإضافة إلى أقصى الشمال مركز المدينة، تمثل هذه الفئة من الانحدارات مناطق غير مرغوبة للتعمير كما أنها معرضة لانزلاقات التربة. وتتوجد باقي المساحة (10%) في الانحدارات بين 0 و 7% وتنتشر في الجزء الشمالي وبعض الأجزاء المتفرقة في المدينة (جدول رقم 9).

جدول رقم 9: نسبة شغل الانحدارات لمساحة بلدية ومدينة ميلة.

المدينة		البلدية		الفئة
النسبة %	المساحة	النسبة %	المساحة	
15,5	181,67	10	1248,67	7-0
59,0	690,23	40	5086,90	15-7
25,0	292,82	42	5394,84	25-15
0,4	4,92	9	1103,70	25<

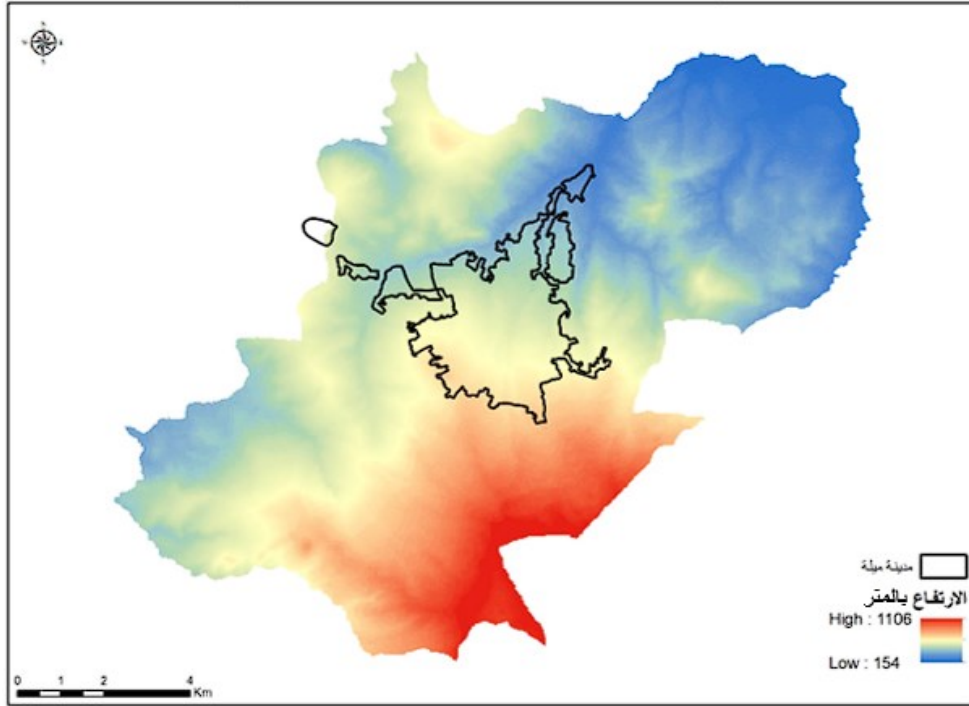
المصدر: أنجزت بالاعتماد على خريطة الانحدارات.

❖ الارتفاع:

تساعدنا دراسة الارتفاعات على معرفة عوائق التوسع العمراني كالجبال، حيث أن عمليات التعمير تفضل المناطق المستوية أو قليلة الميل، وذلك لتقليل كلفة البناء وتشديد البنى القاعدية.

تتميز بلدية ميلة بفارق ملحوظ في الارتفاع من 154م إلى 1106م عن سطح البحر، تتوضع المدينة على مستويات مختلفة من الارتفاعات حيث يقدر أقل مستوى بـ 233م وأعلى مستوى بـ 724م (خريطة رقم 5).

خريطة رقم 5: الارتفاعات في بلدية ميله.



المصدر: أنجزت من طرف الباحث بالاعتماد على SRTM 30m

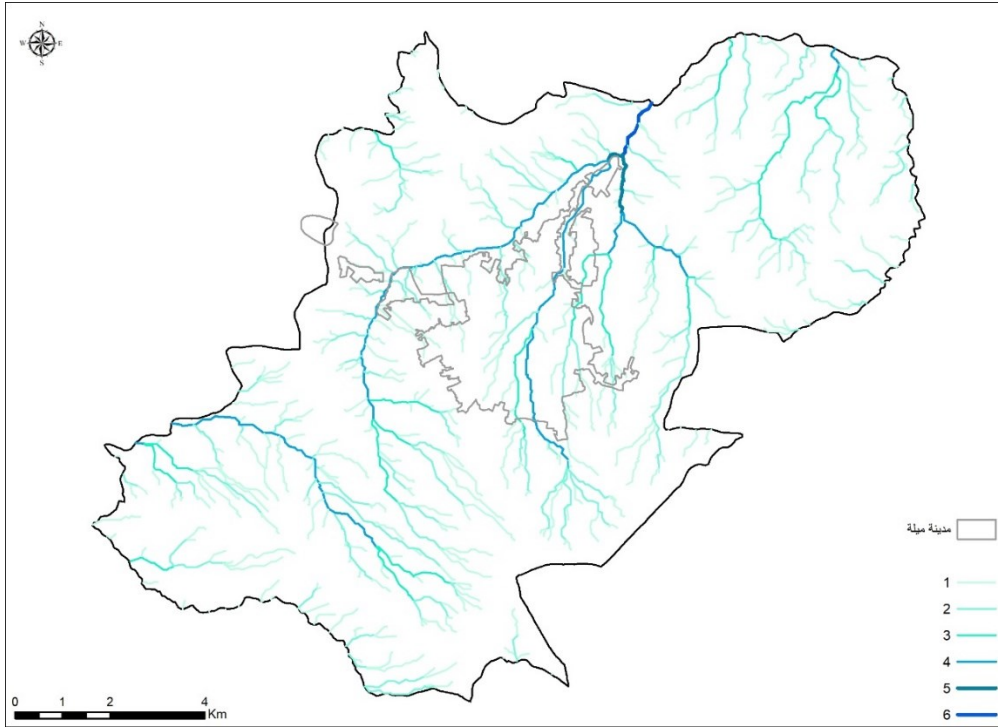
❖ هيدروغرافية المدينة:

تساهم الدراسة الهيدروغرافية في معرفة توزيع المياه السطحية والجوفية على الأرض، يعد تحديد توزيعها من الأولويات نظرا لأهميتها في تحديد الإجراءات الوقائية من الفيضانات، بالإضافة إلى دورها في تصريف المياه المستعملة المعالجة ومياه الأمطار. تتخلل مدينة ميله شبكة كثيفة من الشعب مصدرها جبل عقرب (مارشو) ومصبها واد ميله الذي بدوره يصب في واد الرمال (سد بني هارون). ساهمت هذه الشعب في تحديد الشكل العمراني الحالي للمدينة وأثرت بشكل سلبي على استمرارية التوسع العمراني (خريطة رقم 6).

تتميز هذه المجاري المائية التي تشق مدينة ميله بنظامي جريان هما:

1. نظام جريان قوي وطويل: يحدث في فصل الشتاء حيث تساهم مياه الأمطار والثلوج في الرفع من منسوب وشدة تدفق المياه.
2. نظام جريان ضعيف جدا: يكون في فصل الصيف حيث تجف معظم هذه المجاري والأودية.

خريطة رقم 6: توزيع الشبكة الهيدروغرافية في بلدية ميلة.



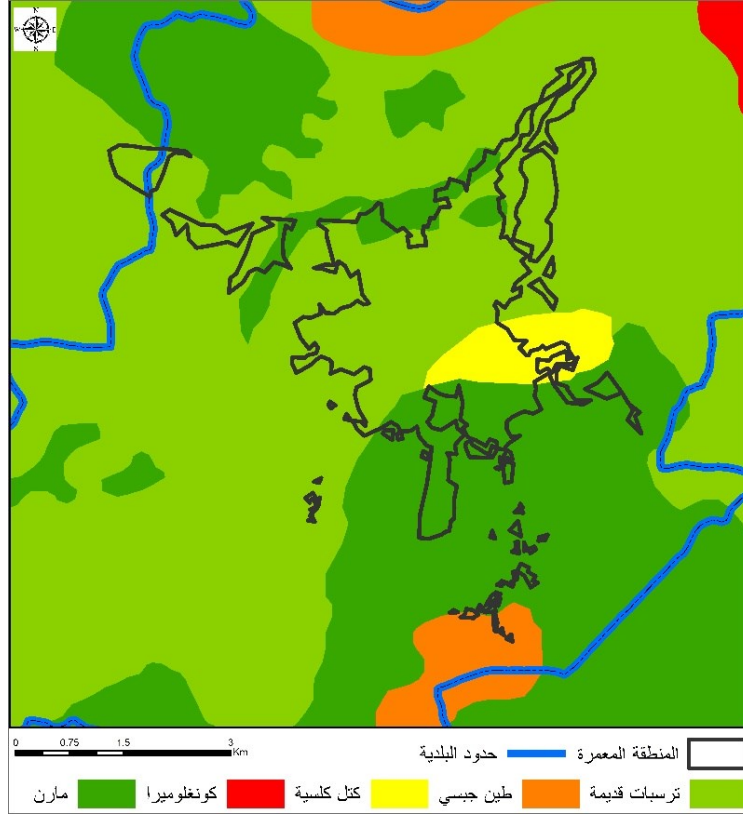
المصدر: أنجزت من طرف الباحث بالاعتماد على SRTM 30m

❖ التكوينات الجيولوجية ونوعية التربة:

تعد دراسة التركيب الجيولوجي لمنطقة ما أمرا حيويا لتحديد مناطق التوسع العمراني المناسبة للمدن، وذلك لتقييم مدى مقاومة التربة ومناسبتها للبناء، وبالتالي تجنب أي مخاطر محتملة قد تهدد المباني، فالخصائص الجيولوجية تلعب دورا مهما لتحفيز أو إعاقة عملية التوسع العمراني.

تتموضع مدينة ميلة في منخفض واسع مملوء بالترسبات الطينية من العصر الثالث الحديث، والمعروف باسم حوض ميوسين قسنطينة، يمتد هذا الحوض على شكل رواق طويل باتجاه شرق-غرب بطول يصل إلى 100 كم وعرض يزيد عن 40 كم، ويحده من الشمال سلسلة جبال تيليان النوميديّة، ومن الجنوب سلسلة جبال شطابة والسهول القسنطينية العليا. تتميز المنطقة بتضاريس وعرة تتكون من العديد من التلال الطينية الصغيرة ذات الألوان الرمادية أو الصفراء أو الحمراء. ومن الناحية الصخرية، يمكن التمييز بين نوعين رئيسيين من الصخور في منطقة ميلة: الطين الجبسي الرمادي والأسود، والصلصال الذي يحتوي على أنوية عديدة من كتل الحجر الجيري (PDAU Mila, 2015) (خريطة رقم 7).

خريطة رقم 7: أنواع التربة في مدينة ميله ومحيطها.



المصدر: (ناموس وسقاوي، 2007).

3.3. الخصائص السوسيو-اقتصادية لمدينة ميله:

1.3.3. التطور الديموغرافي:

شهدت مدينة ميله تضاعف عدد سكانها 5 مرات في الفترة بين 1966-2008، نتيجة للعديد من التحولات الاقتصادية والاجتماعية التي كانت المحركات الرئيسية لعملية التحضر في المدينة.

- في الفترة 1966-1977، كانت الزيادة السكانية نتيجة الهجرة الداخلية من الريف المهمش بعد الاستقلال، حيث سجلت المدينة معدل نمو سكاني قدر ب 3% سنوياً ومعدل تحضر 2% سنوياً.
- في الفترة 1977-1987، ارتفع معدل النمو السكاني إلى 6,8% ومعدل التحضر إلى 83% بسبب التحول الاقتصادي وتوطين بعض الوحدات الصناعية وتحول ميله إلى عاصمة ولاية.
- في الفترة 1987-1998، انخفض معدل النمو السكاني إلى 4,6% لكنه ظل مرتفعاً مقارنة بالمعدل الوطني 3,5%، مع استمرار ارتفاع معدل التحضر إلى 91,26% بسبب الأوضاع الأمنية والاقتصادية.

- في الفترة 1998-2008، استقرت مستويات التحضر والنمو السكاني الذي انخفض إلى 1,5% نتيجة توقف النزوح الريفي وانخفاض الزيادة الطبيعية وغياب الوحدات الصناعية ووصول المدينة إلى مرحلة التشبع العمراني ونفاذ العقار الصالح للبناء.
بشكل عام، كانت الزيادة السكانية في ميلا بطيئة بعد تشبع النسيج العمراني (الجدول رقم 10).

جدول رقم 10: تطور السكان في مدينة ميلا.

السنة	1966	1977	1987	1998	2008	2023
عدد السكان	12404	17267	33456	54719	63251	82000
معدل النمو %	3,05	6,8	4,6	1,46	1,73	

المصدر: الديوان الوطني للإحصاء، وتوقعات المخطط التوجيهي للتهيئة والتعمير ميلا 2015 .

2.3.3. الوضعية الاقتصادية لسكان المدينة:

عرفت مدينة ميلا تحولات اقتصادية مهمة والتي ساهمت بشكل كبير في زيادة معدلات التحضر، خاصة بعد ظهور النشاط الصناعي سنة 1980 والترقية الإدارية سنة 1984 (جدول رقم 11).

جدول رقم 11: الوضعية الاقتصادية لسكان مدينة ميلا.

السنة	السكان الناشطون	السكان المشتغلين فعلا	السكان البطالين	نسبة البطالة %	توزيع السكان على القطاعات الاقتصادية %			
					زراعة	صناعة	إدارة	أخرى
1966	2080	1290	790	37,98	24,65	23,25	33,57	18,53
1987	7461	5645	1816	24,34	06,13	24,62	69,25	
1994	12535	10064	2471	19,72	26		74	
2013	17360	11700	5660	15,22	10,26	14,08	75,66	
2023	25630	19935	5696	10	15,35	14,36	70,29	

المصدر: الديوان الوطني للإحصاء + المخطط التوجيهي للتهيئة والتعمير لبلدية ميلا 1997 والمراجعة 2015.

تطور عدد السكان النشطين في مدينة ميلا بشكل متناسب مع النمو العام للسكان وعدد مناصب الشغل المتوفرة، حيث تضاعف عدد السكان النشطين 8 مرات في الفترة 1966-2023، بينما تضاعف عدد المشتغلين فعلا 15 مرة خلال نفس الفترة، مع تسجيل تراجع نسبة البطالة من 37% في 1966 إلى 10% في 2023.

ساهمت التحولات الاقتصادية التي شهدتها المدينة في الثمانينيات وترقيتها إدارياً في 1984، في انطلاق قطاعات البناء والأشغال العمومية وتنمية الأقطاب الصناعية الصغيرة والمتوسطة وبرامج التنمية الفلاحية، والتي شكلت محركات القطاع الاقتصادي في المدينة.

لكن على الرغم من الجهود المبذولة في تنمية القطاعات الصناعية والفلاحية وتنويع مصادر التنمية المحلية، إلا أنها لا تزال محدودة، حيث يمثل قطاع البناء والأشغال العمومية والتجارة والخدمات 75% من عدد السكان المشتغلين فعلياً، مما يدفع بالأنشطة الإنتاجية التي تعد أهم مصدر لفرص العمل إلى التقلص، كما هو الحال في مدينة ميلة.

4. التطور العمراني لمدينة ميلة قبل 1987:

1.4. قبل الاستعمار الفرنسي للمدينة (قبل 1830):

تشكلت النواة الأولى لمدينة ميلة خلال الغزو الروماني لشمال إفريقيا، تعاقب عليها مجموعة من الحضارات المتمثلة في الوندال، البيزنطيين، والمسلمين. تركت كل حضارة معالم تاريخية تعكس ثقافتها وتاريخها (وضحناه في جزء سابق). بلغت مساحة المدينة القديمة 7 هـ.

2.4. خلال فترة الاستعمار 1830-1962:

خضعت مدينة ميلة للسلطة الفرنسية سنة 1837، حيث استهل المستعمر خطته الاستعمارية بإنشاء مستوطنة جديدة لفرض السيطرة على المجال الميلي من جهة وإرساء الهوية الفرنسية داخل المدن الجزائرية من جهة أخرى. تأسست المدينة الفرنسية سنة 1868 على تقاطع محورين من الشرق نحو الغرب (قسنطينة- فرجوية) ومن ميلة نحو الشمال (القرارم وجيجل) غرب مدينة ميلة القديمة بمساحة 27,3 هـ. تميز الشكل العمراني للمدينة بتقسيم شطرنجي يضم 292 قطعة أرض موجهة للمستوطنين تتوسطها حديقة عمومية (الشكل رقم 16). بلغ عدد سكان المدينة 1347 نسمة سنة 1860 وارتفع هذا العدد ليبلغ 5548 نسمة سنة 1954. تميزت المدينة بظهور نمطين للبناء يتمثلان في النمط الأوروبي الموجه للمستوطنين يتميز ببنية متينة بطابقين ويمتد على طول الطريق الوطني رقم 79، والنمط التقليدي الموجه للسكان المحليين الذي يتميز ببناء بسيط بالحجارة. كما شهدت المدينة في هذه الفترة ظهور بعض السكنات العشوائية في المناطق القريبة من المدينة الأوروبية (Laouar, 2012; Boukelouha, 2014).

الشكل رقم 16: النسيج العمراني الفرنسي.



المصدر: المخطط التوجيهي للتهيئة والتعمير ميله.

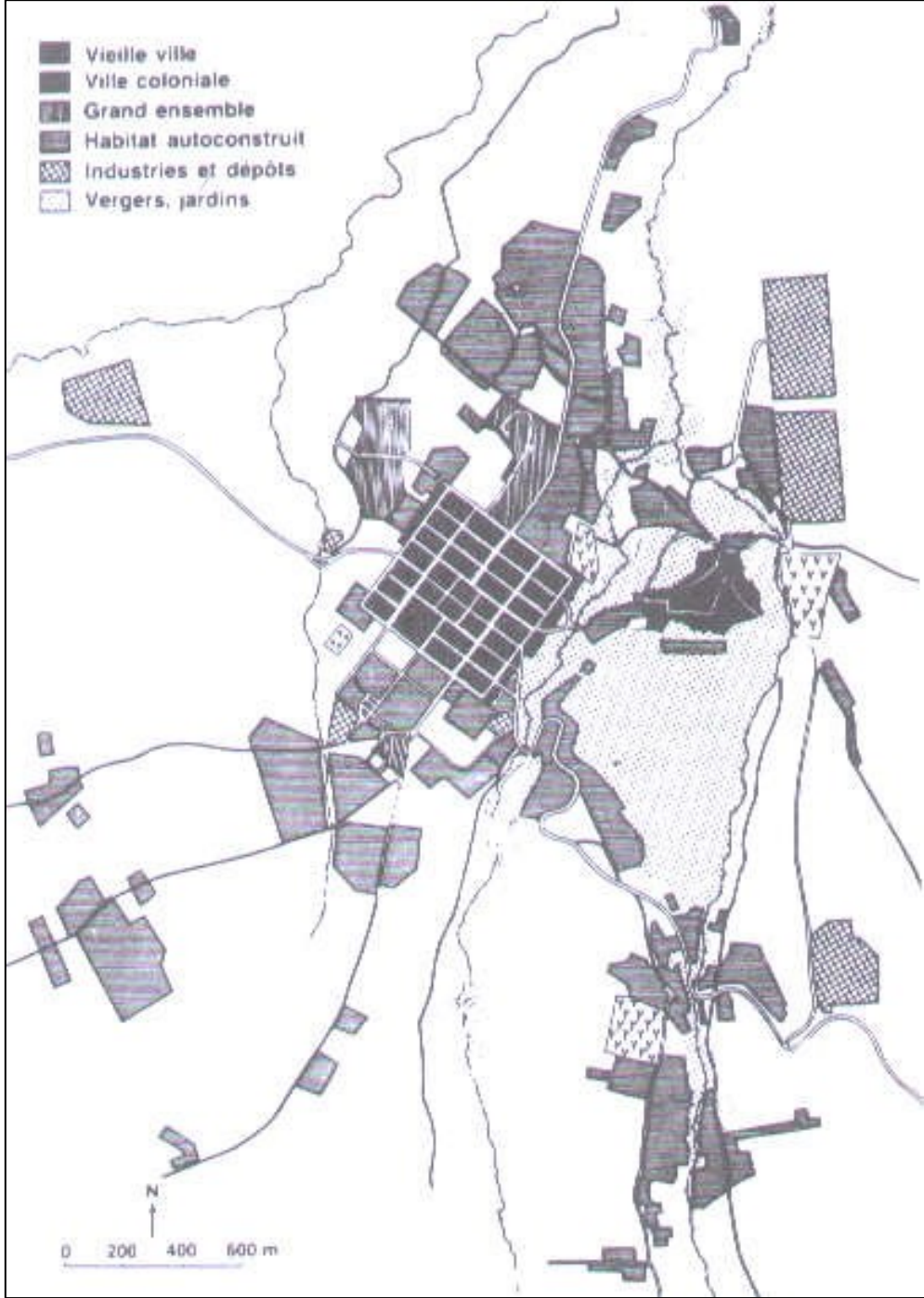
3.4. بعد الاستقلال (1962-1984):

شهدت مدينة ميله خلال هذه الفترة نزوح ريفي كبير نحوها، فقد سجلت المرحلة الأولى من 1966 إلى 1987 زيادة في معدلات التحضر قدرها 44%، حيث تضاعف عدد سكان المدينة تقريبا بثلاث أضعاف (ONS, 2011)، ساهمت هذه الزيادة الكبيرة في عدد السكان في اتساع حجم المدينة بشكل فوضوي غير منظم نظرا لغياب سياسة عمرانية محكمة في الفترة الممتدة بين 1966-1974.

لم تتغير الوضعية العمرانية للمدينة بشكل كبير رغم تطبيق الأمر 26/74 المؤرخ في 1974/02/20 والمتعلق بتكوين احتياطات عقارية للتحكم في العقار الحضري، والذي ساهم بشكل فعال في استرجاع مجموعة من العقارات المحيطة بالمركز الأوروبي والتي استوعبت بعض المشاريع السكنية والصناعية.

قبل 1980 لم تظهر أي بوادر لسياسة عمرانية محكمة تدير المجال العمراني لمدينة ميله، فقد عرفت هذه الفترة توسع البناء الفوضوي على طول الطرق الرئيسية، بعد 1980 ظهرت بعض المشاريع التنموية في المجال الاقتصادي والتي توطنت في الجهة الشمالية الشرقية من المركز الأوروبي بالإضافة إلى مجموعة من المشاريع السكنية الاجتماعية في مناطق مختلفة ضمن إطار المخطط التوجيهي العمراني لبلدية ميله الذي استفاد من الأوعية العقارية المدرجة ضمن الاحتياطات العقارية، خاصة بعد الترقية الإدارية للبلدية واعتبارها كعاصمة ولاية سنة 1984. شهدت المدينة تحول كبير في استعمالات الأرض الحضرية، حيث برزت أنماط مختلفة وغير متجانسة وموزعة بشكل غير منظم، ساهمت في تشكيل نسيج عمراني مفكك (خريطة رقم 8).

خريطة رقم 8: استعمالات الأرض الحضرية في مدينة ميلة في الثمانينات.



المصدر: (COTE M., 1988, p.229).

استمر توسع المدينة بشكل متزايد بعد التسعينات بشكل أسرع حيث تضاعفت المساحة العمرانية للمدينة خمس أضعاف بين فترة 1987 و2020، أدى إلى استهلاك واسع للأراضي الزراعية واستغلال الأراضي المعرضة للأخطار الطبيعية كمنطقة الخربة سنة 2020 (صورة رقم 7).

صورة رقم 7: نتائج انزلاق التربة في منطقة الخربة مدينة ميلة سنة 2020.



المصدر: الطالب 2020.

خلاصة المحور:

تستعرض مدينة ميله تاريخًا غنيًا وتنوعًا حضاريًا يمتد عبر العصور، حيث شهدت تعاقب حضارات متعددة تركت آثارًا معمارية وتاريخية بارزة. تعود النواة الأولى للمدينة إلى العهد النوميدي، ثم تواصلت عبر الغزو الروماني والبيزنطي والإسلامي، مما أثرى التنوع الثقافي والمعماري فيها.

على صعيد الخصائص الفيزيائية، تتميز المدينة بموقعها الاستراتيجي بين السلاسل الجبلية والسهول، مما يؤثر بشكل كبير على اتجاهات النمو والتوسع العمراني. الانحدارات والارتفاعات والتكوينات الجيولوجية تحدد معايير البناء والتوسع، بينما تشكل الموارد المائية عنصرًا حيويًا في تشكيل الحياة الاقتصادية والاجتماعية.

ديموغرافيًا، شهدت مدينة ميله تضاعفًا كبيرًا في عدد السكان خلال العقود الماضية، مدفوعة بالتحويلات الاقتصادية والاجتماعية. هذه الزيادة السكانية كانت لها آثار كبيرة على التطور العمراني، مما أدى إلى تحديات تتعلق بالتخطيط الحضري واستخدام الأراضي.

تتطلب هذه الديناميكيات الحضرية جمع وتحليل بيانات دقيقة لفهم الظواهر الاجتماعية والاقتصادية والبيئية، مما يعزز قدرة المخططين وصناع القرار على استشراف المستقبل. تعد الفجوة الرقمية بين الدول تحديًا يؤثر على جودة البيانات المتاحة، مما يتطلب الاستعانة بتقنيات حديثة مثل الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية لجمع البيانات وتحليلها.

المحور الثاني: مصادر البيانات والأدوات المستعملة في معالجتها.

مقدمة المحور:

في عصرنا الحالي، حيث تتسارع وتيرة التطور التكنولوجي والمعرفي، أصبحت البيانات تمثل ثروة حقيقية للمجتمعات والدول على حد سواء. إنها العملة الجديدة التي تحرك عجلة التقدم وتوجه مسار التنمية في شتى المجالات. ومع تزايد أهمية المعلومات في عملية صنع القرار، برزت عملية جمع البيانات كركيزة أساسية في البحث العلمي والتخطيط الاستراتيجي.

تشكل البيانات الدقيقة والشاملة حجر الزاوية في فهم الظواهر المختلفة، سواء كانت اجتماعية أو اقتصادية أو بيئية. فهي تمنح الباحثين والمخططين نظرة ثاقبة للواقع، وتمكنهم من استشراف المستقبل بصورة أكثر وضوحًا. ومع ذلك، فإن عملية جمع هذه البيانات وتحليلها ليست بالمهمة السهلة، خاصة في ظل التفاوت الكبير بين الدول في قدراتها وإمكانياتها.

في هذا السياق، تبرز أهمية دراسة الفجوة الرقمية والمعلوماتية بين الدول المتقدمة والنامية، وتأثيرها على جودة البيانات المتاحة وبالتالي على عملية صنع القرار. فبينما تتمتع بعض الدول بأنظمة متطورة لجمع وتحليل البيانات، تعاني دول أخرى من نقص حاد في هذا المجال، مما يضعها أمام تحديات جمة في مسيرتها نحو التنمية المستدامة.

هذا الواقع حتم علينا في عملنا هذا اللجوء إلى تقنيات ومناهج متقدمة في جمع المعلومات وتحليلها. فقد اعتمدنا على تكنولوجيا الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية كأدوات رئيسية لجمع وتحليل البيانات الخاصة بمجال الدراسة. هذه التقنيات الحديثة تمكنا من تجاوز العقبات التقليدية في جمع البيانات، وتوفير لنا رؤية شاملة ودقيقة للمنطقة المدروسة، مما يعزز قدرتنا على اتخاذ قرارات مستنيرة وفعالة.

1. صور الأقمار الصناعية:

اعتمدنا في دراستنا على بيانات الاستشعار عن بعد المتمثلة في صور الأقمار الصناعية Landsat ذات الدقة المكانية المتوسطة والقدرة الطيفية المتعددة، وذلك لكونها مجانية وتغطي فترة زمنية طويلة للرصد. ويوضح الجدول رقم 12 تواريخ النقاط صور الأقمار الصناعية المختارة وأجهزة استشعارها. تم الحصول على صور الاستشعار عن بعد الخالية من السحب كمصدر أساسي للبيانات لرسم خرائط الغطاء الأرضي في مناطق الدراسة من هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية (USGS).

تم إجراء التصحيح الجوي والاشعاعي باستعمال برنامج ENVI 5,0، يمثل الغرض من المعالجة المبدئية للصور الفضائية هو جعل جميع الصور متشابهة بحيث يمكن اعتبارها مأخوذة في نفس الظروف البيئية، وبنفس أجهزة الاستشعار. في الدراسة الحالية، تم الاعتماد على نظام الإحداثيات WGS 1984 ونظام الإسقاط UTM المنطقة 32 شمالاً.

جدول رقم 12: صور الأقمار الصناعية المستعملة في الدراسة.

التاريخ	المستشعر
04-04-1987	Landsat TM (30m)
01-03-1998	Landsat TM (30m)
12-03-2008	Landsat TM (30m)
30-04-2020	Landsat OLI (30m)

المصدر: هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية.

2. بيانات نظم المعلومات الجغرافية:

يعد التوسع العمراني عملية معقدة تتأثر بمجموعة من العوامل الاقتصادية، الاجتماعية، الطبيعية والسياسية المبينة في الجدول 13. تمثل العوامل السوسيو-اقتصادية الركيزة الأساسية لدراسة التوسع العمراني، حيث ترتبط عمليات التوسع ارتباطاً وثيقاً بالقرب من المرافق وأماكن العمل والسكن وتوفر وسائل النقل والشبكات المختلفة وغيرها. بناءً على الأبحاث السابقة، تم اختيار مجموعة من العوامل السوسيو-اقتصادية في هذه الدراسة والتي تم ترتيبها وإدخالها على شكل قاعدة بيانات والمتمثلة في:

- المسافة إلى شبكة الطرق: تعتبر الطرق شريان الحياة بالنسبة لسكان المدينة، فهي المحرك الرئيسي لعملية التنمية، تم استخدام جميع أصناف الطرق (رئيسية، ثانوية، ثلثية) لدراسة العلاقة بينها وبين التوسع العمراني لمدينة ميله.

- المسافة إلى خطوط النقل: يعد النقل من أهم العوامل المساهمة في توسع المدينة بنسبة التغطية للنقاط المهمة فيها، فهو المتحكم في حركة السكان داخل المدينة إضافة إلى الطرق.
 - المسافة إلى مركز المدينة: ترتبط معظم المدن الجزائرية بمراكزها، حيث تعد مراكز المدن مقرا لمختلف الأنشطة الاقتصادية والاجتماعية. لذا يوفر القرب من المركز الكثير من الجهد والمال لتلبية مختلف الاحتياجات. وبالتالي، تمثل المسافة إلى مركز المدينة أحد أهم العوامل المؤثرة على التوسع العمراني بمستويات مختلفة.
 - المسافة إلى التجهيزات: يعد توفر مختلف التجهيزات والمرافق من أهم الأساسيات في المدن، فبغض النظر عن توفيرها لمناصب الشغل، فإن ارتباطها بالاحتياجات الأساسية للسكان يفرض قربها منهم، خاصة المدارس والتجهيزات الصحية. في هذه الدراسة، تم جمع جميع التجهيزات التعليمية والإدارية والصحية وغيرها ضمن خريطة واحدة لكل فترة زمنية، وذلك لأن طبيعة نموذج الانحدار اللوجستي لا تسمح بفضلهما لتجنب مشكلة التعدد الخطي التي قد تؤدي إلى أخطاء في النموذج.
 - الكثافة السكانية: لا شك في ارتباط التوسع العمراني بالزيادة في عدد السكان، وهي نتيجة يمكن تعميمها على معظم الدراسات. لكن استخدام عدد السكان في منطقة الدراسة بأكملها يرتبط أكثر بالطلب على الأراضي الحضرية، وله تأثير أقل على توزيع التوسع العمراني. بدلاً من ذلك، فإن التحقق من العلاقة بين توزيع الكثافة السكانية ومناطق التوسع يمكن أن يوضح العلاقة بين المتغيرين بشكل أفضل.
 - المسافة إلى النسيج العمراني القائم: تعد المسافة إلى النسيج العمراني القائم متغيراً ضرورياً في هذه الدراسة، فمن خلال مراجعة الدراسات السابقة، تأكد أن العمران يجذب إلى العمران.
- يرتبط الشكل العمراني للمدينة بأنماط وأشكال التوسع العمراني، والتي ترتبط بدورها بعدة عوامل أهمها العوامل الطبيعية. في هذه الدراسة، تم استخدام كل من عامل الانحدارات والارتفاعات والمسافة إلى الشعاب، حيث تحدد هذه العوامل كلفة وشكل ونمط البناء. تم استخراج جميع هذه العوامل من خريطة النموذج الرقمي للارتفاعات.
- تم التعبير عن جميع هذه العوامل بخرائط تحمل نفس خصائص صور الأقمار الصناعية من حيث نظام الإحداثيات والإسقاط وغيرها، وتمثل مدخلات نموذج الانحدار اللوجستي كمتغيرات مستقلة.
- بالإضافة إلى هذه العوامل تعد السياسة العمرانية أهم العناصر في هذه الدراسة، حيث نعبر عنها بعامل الطبيعة القانونية للتعمير، نظراً لأن التوسع العمراني في المدن الجزائرية ينقسم إلى نوعين هما: التوسع العمراني المخطط والغير مخطط. بالإضافة إلى عامل طبيعة الملكية العقارية الذي يرتبط بشكل مباشر بعمليات التوسع وطبيعتها القانونية.

جدول رقم 13: مصادر البيانات المستعملة في تحليلات نظم المعلومات الجغرافية.

المتغير	السنة	الوصف	المصدر
العوامل الطبيعية			
الانحدارات	/	مستمدة من بيانات DEM	هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية (USGS)
الارتفاعات	/	باستبانة مكانية قدرها 30 متراً	
المسافة إلى الشعب	/		
العوامل السوسيو-اقتصادية			
المسافة إلى النسيج العمراني	1987-1998-2008-2020	المسافة الاقليمية	صور الأقمار الصناعية
المسافة إلى الطرق		مستخرجة من خرائط الطرق المفتوحة + تعديلات الطالب	Esri imagery
المسافة إلى خطوط النقل		المسافة الاقليمية لخطوط النقل الحضري	Adjeroud et al., 2019
المسافة إلى التجهيزات		استخراج المسافة إلى مختلف التجهيزات	المخطط التوجيهي للتهيئة والتعمير لبلدية ميله
كثافة السكان		مستخرجة من خرائط تقسيم المقاطعات الاحصائية	الديوان الوطني للإحصاء ومكتب الإحصاء في بلدية ميله
المسافة إلى مركز المدينة	/	المسافة الاقليمية	صور الأقمار الصناعية
عوامل السياسة العمرانية			
الطبيعة القانونية للتعمير	/	استشارة مختلف المختصين	المخطط التوجيهي للتهيئة والتعمير لبلدية ميله
طبيعة الملكية العقارية	قبل وبعد التسعينات	الاطلاع على مختلف المخططات	مسح الأراضي والبلدية والمخطط التوجيهي للتهيئة والتعمير

المصدر: من اعداد الطالب 2024.

خلاصة المحور:

تعتمد هذه الدراسة على تحليل دقيق للتوسع العمراني في مدينة ميله باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية. تم استخدام صور الأقمار الصناعية Landsat لأربع فترات زمنية (1987، 1998، 2008، 2020) من هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية (USGS) لرصد التغيرات العمرانية على مدى ثلاثة عقود. تمت معالجة الصور باستخدام برنامج ENVI 5.0 لضمان الدقة، مع اعتماد نظام الإحداثيات WGS 1984 ونظام الإسقاط UTM.

لفهم ديناميكيات التوسع العمراني في مدينة ميله، تم تحديد مجموعة من العوامل السوسيو-اقتصادية والطبيعية المؤثرة. تشمل هذه العوامل المسافة إلى شبكة الطرق وخطوط النقل ومركز المدينة والتجهيزات

المختلفة، بالإضافة إلى الكثافة السكانية والمسافة إلى النسيج العمراني القائم. كما تم الأخذ بعين الاعتبار العوامل الطبيعية مثل الانحدارات والارتفاعات والمسافة إلى الشعاب، والتي تؤثر بشكل مباشر على تكلفة وشكل ونمط البناء.

أبرزت الدراسة أهمية السياسة العمرانية وطبيعة الملكية العقارية في توجيه التوسع العمراني، مع التمييز بين التوسع المخطط وغير المخطط. تم تحويل جميع العوامل إلى خرائط متوافقة مع صور الأقمار الصناعية لاستخدامها كمدخلات في نموذج الانحدار اللوجستي، مما يتيح تحليلاً كمياً دقيقاً لتأثير كل عامل على التوسع العمراني.

خلاصة الفصل:

تتمتع مدينة ميله بتاريخ غني يمتد عبر العصور، حيث شهدت تعاقب حضارات متنوعة، بدءاً من العهد النوميدي مروراً بالفترات الرومانية والبيزنطية وصولاً إلى الفترات الإسلامية. هذا التنوع الثقافي والتاريخي ترك أثراً واضحاً على النسيج العمراني والمعماري للمدينة، حيث تعكس المباني والشوارع والأسوار آثار كل حضارة مرت بها. إن المدينة القديمة تعتبر شاهداً على التحولات التاريخية، مما يعكس الاختلافات في طبيعة استغلال الفضاءات الحضرية خلال كل فترة زمنية.

تقع مدينة ميله في موقع استراتيجي بين السلاسل الجبلية والسهول، مما ينعكس بشكل كبير على اتجاهات النمو والتوسع العمراني. الخصائص الفيزيائية، مثل الانحدارات والارتفاعات والتكوينات الجيولوجية، تحدد معايير البناء وأنماط التوسع. بالإضافة إلى ذلك، تلعب الموارد المائية دوراً حيوياً في تشكيل الحياة الاقتصادية والاجتماعية للمدينة، حيث تعد المياه العذبة عاملاً أساسياً في دعم الأنشطة الزراعية والصناعية.

شهدت الجزائر بعد الاستقلال نزوحاً ريفياً كبيراً نحو المدن الكبرى والصغرى، مما أدى إلى زيادة معدلات التحضر في العديد من المناطق، بما في ذلك مدينة ميله. في هذا السياق، اتبعت الدولة الجزائرية سياسة تهدف إلى كبح النمو المتزايد للسكان من خلال توجيه التنمية نحو المدن الصغرى والمتوسطة. تمثل مدينة ميله أحد النماذج الناجحة التي سجلت معدلات تحضر مرتفعة وزيادة معتبرة في عدد سكانها ومساحتها العمرانية.

ومع ذلك، أدت هذه الزيادة السكانية إلى تحديات كبيرة في التخطيط الحضري واستخدام الأراضي. على الرغم من محاولات الحكومة لتوجيه التنمية العمرانية، إلا أن التوسع الفوضوي استمر حتى عام 1974، حيث تم إدراج البلدية كفاعل رئيسي في التسيير الحضري من خلال إنشاء محفظة عقارية للحفاظ على العقار الحضري. وقد شهدت المدينة خلال فترة الثمانينات توطين العديد من المنشآت الصناعية والمشاريع السكنية لتلبية الطلب المتزايد، إلا أن هذه الإجراءات لم تكن كافية لاحتواء التوسع غير المنظم.

تتطلب دراسة التوسع العمراني في مدينة ميله تحليلاً شاملاً للبيانات الدقيقة لفهم الديناميكيات الاجتماعية والاقتصادية والبيئية. لمواجهة تحديات جمع البيانات والفجوة الرقمية، تعتمد هذه الدراسة على تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية. تم استخدام صور الأقمار الصناعية Landsat لأربع فترات زمنية (1987، 1998، 2008، 2020) من هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية (USGS) لرصد التغيرات العمرانية على مدى ثلاثة عقود.

تمت معالجة الصور باستخدام برنامج ENVI 5.0 لضمان الدقة، مع اعتماد نظام الإحداثيات WGS 1984 ونظام الإسقاط UTM. كما تم تحديد مجموعة من العوامل السوسيو-اقتصادية والطبيعية المؤثرة في التوسع العمراني، بما في ذلك المسافات إلى البنى التحتية الرئيسية والكثافة السكانية، فضلاً عن العوامل الطبوغرافية.

من خلال ما سبق، يمكن إجراء تحليلات كمية لتحديد التوسع العمراني لمدينة ميله واستقصاء العلاقة بينه وبين محدداته، مما يساهم في وضع استراتيجية مستقبلية لتوسع المدينة. يتم ذلك عبر تطبيق مختلف التقنيات وطرق التحليل والنمذجة التي سنستعرضها في الفصل الثالث.

الفصل الثالث: أساليب التحليل والنمذجة.

مقدمة الفصل:

في هذا الفصل، نعرض المقاربة المتبعة في دراسة التوسع العمراني لمدينة ميله، من خلال ترجمة الإطار النظري إلى خطوات منهجية واضحة، مع الاستعانة بمجموعة متنوعة من أدوات وبرامج نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد والنماذج الإحصائية.

تتضمن المنهجية خمسة أقسام رئيسية:

1. الرصد والرسم الخرائطي للغطاء الأرضي، يقدم هذا القسم خطوات تصنيف صور القمر الصناعي من خلال الاعتماد على المؤشرات الطيفية للرفع من دقة الخرائط المصنفة ورصد التغير في الغطاء الأرضي بالاعتماد على نظم المعلومات الجغرافية وبيانات الاستشعار عن بعد.

2. تحديد الخصائص الزمانية والمكانية للتوسع العمراني باستعمال مجموعة من المؤشرات التي تعمل على تحديد وتيرة، شكل وموقع التوسع.

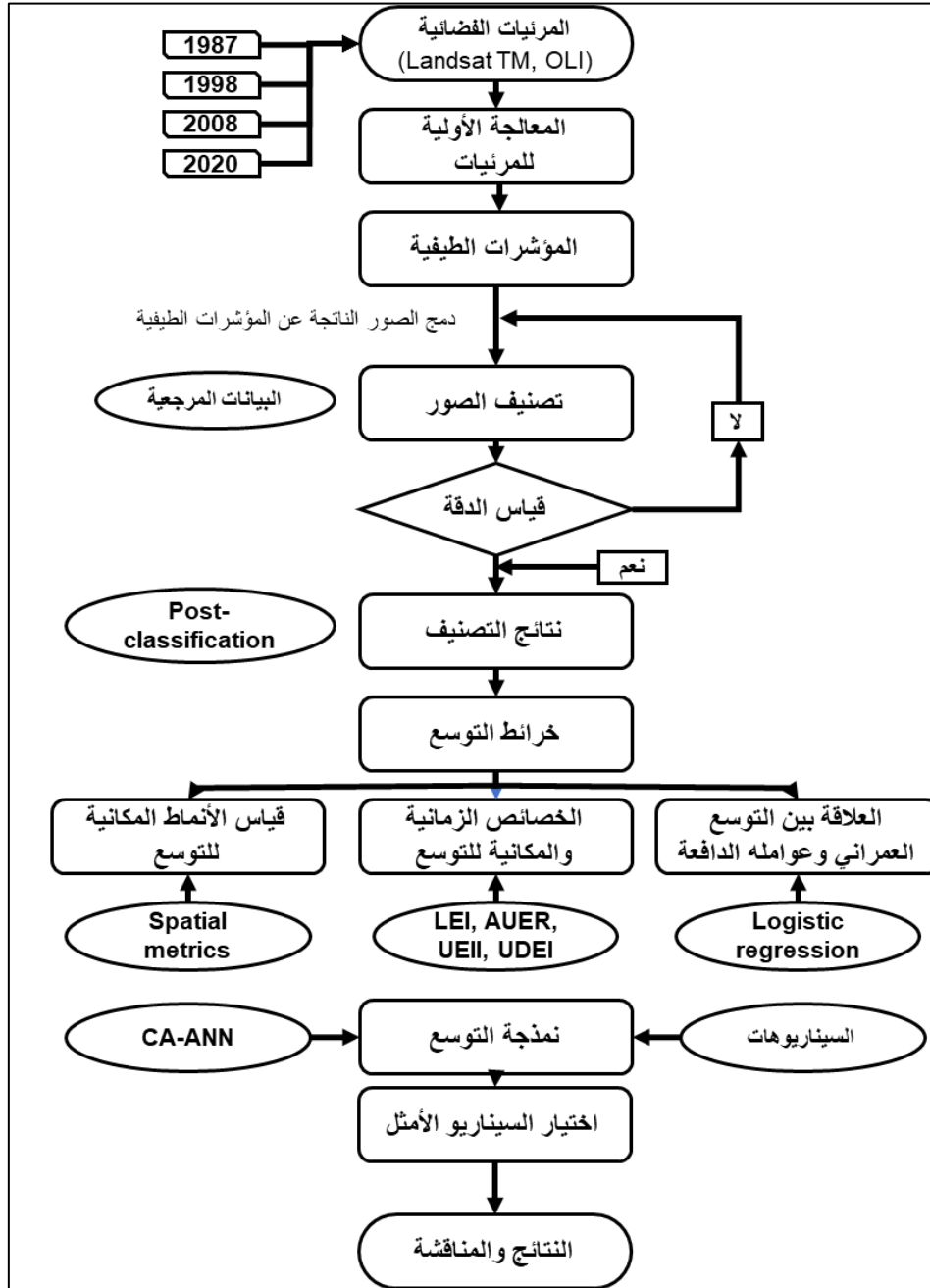
3. التحليل الكمي لأنماط التوسع العمراني والذي يعتمد على تطبيق المقاييس المكانية للتعبير عن خصائص الشكل العمراني للمدينة.

4. تحديد العلاقة بين التوسع العمراني ومحدداته بالاعتماد على نموذج الانحدار اللوجستي لقياس قوة العلاقة بين التوسع ومحدداته وإمكانية المقارنة فيما بينها.

5. نمذجة التوسع المستقبلي من خلال تبيان طريقة بناء النموذج الذي يجمع بين خلايا الأوتوماتا والشبكات العصبية الاصطناعية لمحاكات التوسع العمراني، ومعايرته وتقييم دقته، بالإضافة إلى عرض مختلف السيناريوهات وتقييمها، حيث يوضح الشكل رقم 17 الخطوات المنهجية للمقاربة المتبعة في هذه الدراسة.

من خلال هذا الفصل، نهدف إلى تحديد الطرق والتقنيات المناسبة لرصد التغيرات في الغطاء الأرضي، وتحديد خصائص التوسع العمراني الزمانية والمكانية، وتحليل أنماطه العمرانية، ودراسة العلاقة بينه وبين محدده، ونمذجة التوسع المستقبلي تحت سيناريوهات مختلفة لمدينة ميله لاختيار السيناريو (البديل) الأفضل.

الشكل رقم 17: المنهجية العامة للدراسة.



المحور الأول: الرصد والرسم الخرائطي لتغير الغطاء الأرضي.

مقدمة المحور:

يعد التوسع العمراني من أبرز الظواهر التي تشهدها المدن المعاصرة، مما يستدعي دراسة وتحليل أنماطه وخصائصه المكانية والزمانية. يهدف هذا المحور إلى عرض منهجية تحليل ديناميكيات التوسع العمراني باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، مع التركيز على تصنيف الغطاء الأرضي ورصد تغيراته والكشف الكمي لديناميكية التوسع العمراني.

يتطلب الرصد والرسم الخرائطي لتغير الغطاء الأرضي معطيات دقيقة لفترات زمنية مختلفة ومتواصلة والتي تسمح بتحليل التوسع العمراني، فمن خلال تطبيق مختلف العمليات المعقدة على معطيات الاستشعار عن بعد كتصنيف المرئيات الفضائية وتقنية كشف التغير يمكننا توفير المعطيات اللازمة للدراسة، بالإضافة إلى استعمال تقنيات نظم المعلومات الجغرافية كأداة لتحليل وقياس الخصائص الزمانية والمكانية للتوسع العمراني.

نستعرض من خلال هذا المحور أولاً طريقة اختيار تصنيف المرئيات الفضائية المطبقة في الدراسة بناء على ما استعرض سابقاً في الفصل النظري، ثانياً طريقة تطبيق كشف التغير، وفي الأخير نكشف عن خصائص التوسع العمراني لمدينة ميله باستعمال تحليلات قائمة على تقنية نظم المعلومات الجغرافية.

1. تصنيف المرئيات الفضائية:

تم الاعتماد في هذه الدراسة على نظام تصنيف أندرسون المستوى الأول المعدل (Anderson et al., 1976) لتصنيف فئات الغطاء الأرضي، والذي يلخص في أربعة فئات (المنطقة الحضرية أو المبنية، النباتات، الأراضي القاحلة، المسطحات المائية) (جدول رقم 14). طور هذا النظام أول مرة في الولايات المتحدة الأمريكية إلا أنه النظام أصبح لاحقاً الأكثر استعمالاً في العالم (Yuan et al., 2005). تمثل المناطق الحضرية أو المبنية مجموع الأراضي ذات الاستعمال البشري المكثف المعبر عنه ببناء المنشآت والبنية التحتية، أما الغطاء النباتي فهي مجموع الأراضي ذات التوجه الزراعي للإنتاج الغذائي سواء الزراعات الكبرى أو الزراعة المسقية والغابات وغيرها باختصار هي الأراضي التي يغطيها النبات، كما تمثل الأراضي القاحلة كل الأراضي التي لا تحتوي على غطاء نباتي أو مساحة مبنية أو مياه.

جدول رقم 14: نظام تصنيف الغطاء الأرضي.

الغطاء الأرضي (المستوى الأول)	الغطاء الأرضي (المستوى الثاني)
الأراضي المبنية	السكن، التجارة، الصناعة، النقل، الخدمات، الاتصال وغيرها
الغطاء النباتي	حقول المحاصيل، المراعي، الغابات...
الأراضي القاحلة	المناطق والمنحدرات الصخرية، السبخات، الشواطئ...
المسطحات المائية	سدود، بحيرات، أنهار...

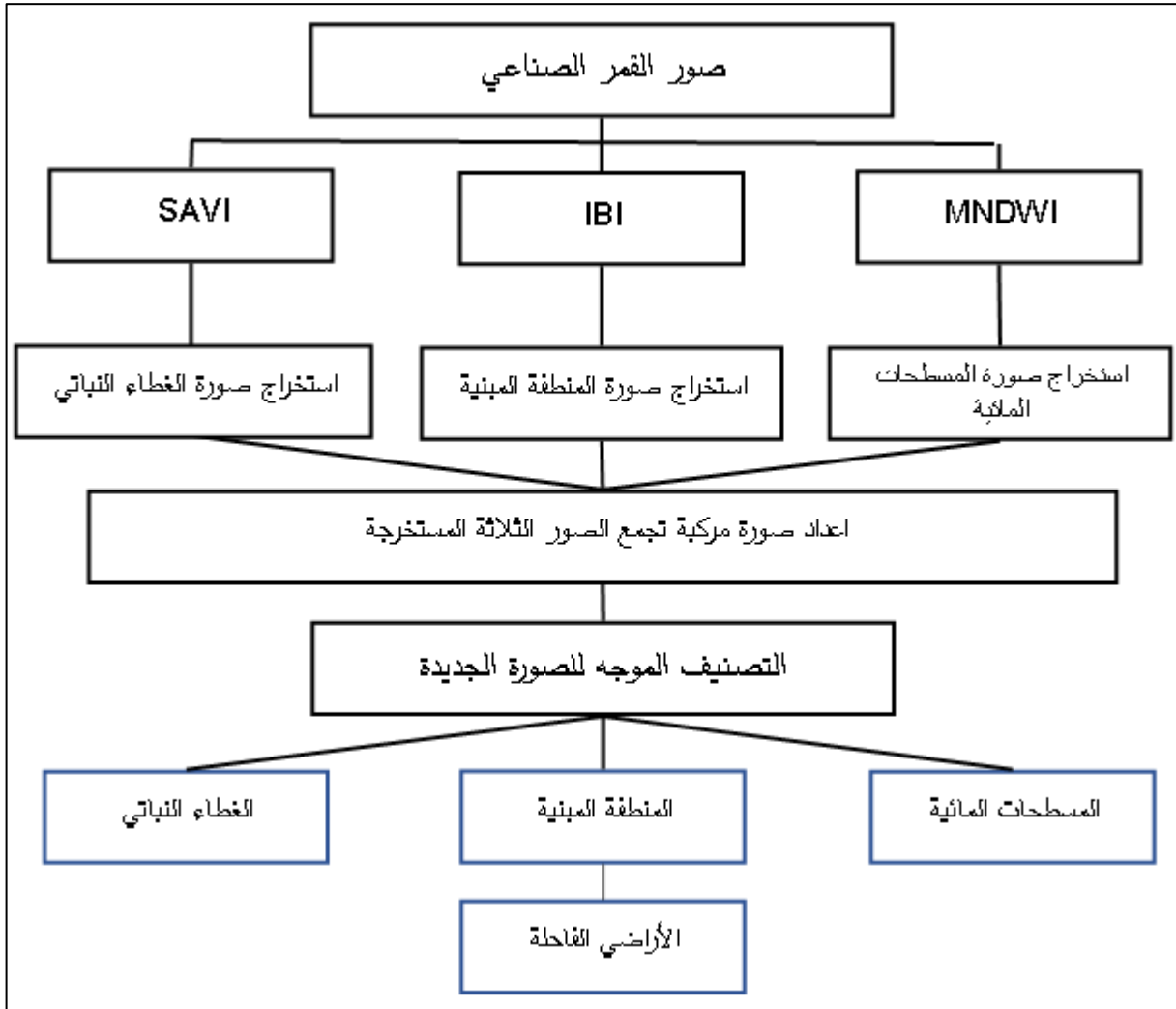
المصدر: ملخص الطالب لعمل (Anderson et al., 1976).

اعتمد العديد من الباحثين على الطرق التقليدية لتصنيف الغطاء الأرضي، فبرغم نجاحها الكبير إلا أنها تعاني من بعض التحديات في الوصول إلى معلومة دقيقة للغطاء الأرضي في المناطق الحضرية، نتيجة التعقيد والتداخل في البيانات المكانية والطيفية (Weng, 2012). سببت هذه التحديات مشكلة في سوء التصنيف والتي تنتج في الغالب بسبب البيكسل المختلط الذي يحمل مزيج من القيم الطيفية لعدة أصناف من الغطاء الأرضي بسبب الدقة المتوسطة لصور القمر الاصطناعي Landsat، بالإضافة إلى عامل آخر وهو تشابه البصمات الطيفية لمختلف أصناف الغطاء الأرضي، ينتج عن ذلك تدني في دقة التصنيف دون العتبة المقبولة لإجراء مختلف الدراسات (Foody, 2002; Heidarinejad, 2017; C. Li, 2014; Weng, 2012). استعملنا في هذه الدراسة المؤشرات الطيفية لتحديد كل نوع من الغطاء الأرضي على حدا لتجنب مشكل اختلاط المعلومات في بكسل واحد.

يفترض نموذج V-I-S أن البيئة الحضرية هي مزيج من ثلاث مكونات هي: الغطاء النباتي، المساحة المبنية والتربة، حيث يشكل النموذج طريقة مثالية لتفكيك المجال الحضري وربطاً لهذه المكونات

مع الخصائص الطيفية للاستشعار عن بعد (Ridd, 1995). وبالتالي فإن فئات الغطاء الأرضي المختارة للدراسة تتوافق مع النموذج، حيث اعتمدنا على كل من مؤشر الغطاء النباتي المعدل بالتربة (SAVI) والمؤشر الحضري (IBI) ومؤشر الفرق المائي الطبيعي المحسن (MNDWI) لتمثيل هذه الفئات الشكل رقم 18.

الشكل رقم 18: منهجية تصنيف المرئيات الفضائية.



نطاقات الطول الموجي الطيفي والدقة المكانية لبيانات الأقمار الصناعية Landsat موضحة في الجدول رقم 15.

جدول رقم 15: مختلف نطاقات الطول الموجي لمختلف صور الأقمار الصناعية Landsat.

الأشعة تحت الحمراء الحرارية (TIR)	الموجات القصيرة للأشعة تحت الحمراء (SWIR 2)2	الموجات القصيرة للأشعة تحت الحمراء (SWIR 1)1	الأشعة تحت الحمراء القريبة (NIR)	أحمر/أخضر/أزرق	النطاقات
6	7	5	4	1/2/3	Landsat-5 TM
6	7	5	4	1/2/3	Landsat-7 ETM
11	7	6	5	2/3/4	Landsat-8 OLI

المصدر: (Tin & Muttitanon, 2021)

يتميز مؤشر الغطاء النباتي المعدل بالتربة (SAVI) بقدرته على تقليل تأثير خلفية التربة، مما يجعله أكثر دقة في تقدير الغطاء النباتي المنخفض الكثافة مقارنة بمؤشر الفرق النباتي الطبيعي (NDVI) الذي يميل للتشعب في المناطق ذات الغطاء النباتي الكثيف، مما يقلل من حساسيته للتغيرات في هذه المناطق (Imani et al., 2018; Vani & Mandla, 2017). يغطي مؤشر (SAVI) غطاء نباتي منخفض إلى غاية 15% على عكس مؤشر (NDVI) الذي يعمل على غطاء نباتي تصل نسبته إلى 30% (Essa et al., 2012). يفسر هذا الاختلاف من خلال قدرة المؤشر على التعامل مع الزيادة الكبيرة في الإشعاع في الطيف الأحمر وانخفاض الأشعة تحت الحمراء القريبة الناتج عن تشتت الغطاء النباتي وانكشاف التربة (Bannari et al., 1995)، يمتلك مؤشر (SAVI) الأفضلية في التعامل مع هذه التأثيرات من خلال الاستفادة من انعكاس الغطاء النباتي العالي في النطاق الطيفي لـ NIR كالنطاق (band 4) وامتصاص الإشعاع العالي للضوء الأحمر من خلال النطاق (band 3)، يعبر عن مؤشر الغطاء النباتي المعدل بالتربة بالمعادلة التالية (Heidarinejad, 2017, p. 43):

$$SAVI = \frac{(TM_4 - TM_3) \times (1 + I)}{TM_4 + TM_3 + I}$$

يمثل TM_4 قيمة انعكاس النطاق 4 (بالقرب من الأشعة تحت الحمراء) لمستشعر TM، أما TM_3 فهي قيمة انعكاس النطاق 3 (الأحمر) لمستشعر TM. (I) هو عامل تصحيح يتراوح من 0 لكثافة عالية جدًا إلى 1 لكثافة منخفضة جدًا. تم استخدام قيمة 0,5 في هذه الدراسة لإنتاج صورة نباتية معززة لأن

منطقة الدراسة بها كثافة نباتية متوسطة. تمكننا الزيادة في نطاق SAVI من التمييز بين الغطاء النباتي والأراضي المبنية أو الأراضي القاحلة.

بعد الحصول على صورة الغطاء النباتي، ننتقل إلى إنتاج صورة الأرض المبنية باستعمال مؤشر Index-based Built-Up Index (IBI)، المعبر عنه بالمعادلة التالية (H. Xu, 2008):

$$IBI = \frac{NDBI - (SAVI + MNDWI)/2}{NDBI + (SAVI + MNDWI)/2}$$

أو

$$IBI = \frac{2 \frac{\text{band 5}}{\text{band 5} + \text{band 4}} - \left(\frac{\text{band 4}}{\text{band 4} + \text{band 3}} + \frac{\text{band 2}}{\text{band 2} + \text{band 5}} \right)}{2 \frac{\text{Band 5}}{\text{Band 5} \text{ Band 4}} + \left(\frac{\text{Band 4}}{\text{Band 4} + \text{Band 3}} + \frac{\text{Band 2}}{\text{Band 2} + \text{Band 5}} \right)}$$

على عكس مختلف مؤشرات الأرض المبنية (NDBI) و (UI)، مؤشر (IBI) يعمل على التمييز بين الأراضي القاحلة والأرض المبنية. يستعمل هذا المؤشر كل من النطاق الأخضر، الأحمر، NIR و SWIR1 من مستشعرات الأقمار الصناعية TM و ETM+. عمل هذا المؤشر على تحسين دقة تصنيف الأرض المبنية من خلال استبعاد أنواع استعمالات الأرض الأخرى، وذلك باستعمال كل من مؤشر (SAVI) و (MNDWI). تتراوح قيمته بين +1 و -1، حيث تمثل القيم الموجبة الأرض المبنية (Javed et al., 2021).

بعد ذلك نقوم باستعمال مؤشر الفرق المائي الطبيعي المحسن (MNDWI) لاستخراج خريطة توزيع المياه السطحية، يعمل هذا المؤشر على فصل المياه عن مختلف اصناف استخدامات الأرض الأخرى بكفاءة أكبر من مؤشر الفرق المائي الطبيعي (H. Xu, 2006, 2007). تكتب معادلته على الشكل التالي (H. Xu, 2006):

$$MNDWI = \frac{\text{Green} - \text{SWIR1}}{\text{Green} + \text{SWIR1}}$$

حيث Green هو النطاق الأخضر 2 لكل من مستشعر TM و ETM+، والنطاق 3 بالنسبة للمستشعر OLI. تتراوح قيمه بين +1 و -1، حيث تمثل القيم الموجبة المياه أما القيم السالبة فتعبر عن الأصناف الأخرى.

في الأخير، تم استعمال تقنية الجمع بين المؤشرات ذات التوجه الموضوعي (Thematic-oriented Index Combination Technique) بالاعتماد على مؤشرات (SAVI)،

IBI، MNDWI) لاستخراج الأربع فئات الرئيسية لاستعمالات الأرض: الغطاء النباتي، الأرض المبنية، الأراضي القاحلة والمياه على الترتيب. نتج عن استعمال هذه المؤشرات ثلاث نطاقات جديدة متمثلة في نطاق الغطاء النباتي، نطاق الأرض المبنية ونطاق المياه. تم استخدام هذه النطاقات الثلاث لتكوين صورة جديدة لاستخدامات الأرض (تم تطبيق العملية على كل فترات الدراسة). تعمل هذه الطريقة على خفض عدد النطاقات في صور الأقمار الصناعية من سبع نطاقات متعددة الأطياف فأكثر، كالأقمار الصناعي (Landsat)، إلى ثلاث نطاقات.

بعد تطبيق الإجراءات السابق ذكرها على جميع مراحل الدراسة، قمنا بتطبيق التصنيف الموجه لتصنيف الغطاء الأرضي باستخدام الصور الجديدة باستعمال تقنية الإمكان الأعظم (maximum likelihood) التي تعتمد على تواقع (signatures) يتم استخراجها من خلال عينات التدريب. في الأخير، يتم تحديد أربع فئات رئيسية للغطاء الأرضي: الغطاء النباتي (القيم العالية لـ SAVI)، المياه (القيم العالية لـ MNDWI)، المساحة المبنية (قيمة عالية لـ IBI) والأراضي القاحلة (القيم المنخفضة لـ IBI باستثناء الغطاء النباتي والمياه).

بعد استخراج خريطة استعمالات الأرض يجب التحقق من دقتها باستعمال مصفوفة الخطأ التي تمثل أشهر تقنيات تقييم الدقة والأكثر استعمالاً (Foody, 2002). حيث اعتمدنا في دراستنا على ما لا يقل عن 100 نقطة للتحقق من الدقة. استعملنا مجموعة من النقاط العشوائية للتحقق من التصنيف بمقارنتها مع صور الأقمار الصناعية عالية الدقة، بالإضافة إلى بعض المراجع القديمة المتمثلة في صور جوية للمنطقة والخريطة الطبوغرافية لسنة 1987.

2. رصد تغير الغطاء الأرضي:

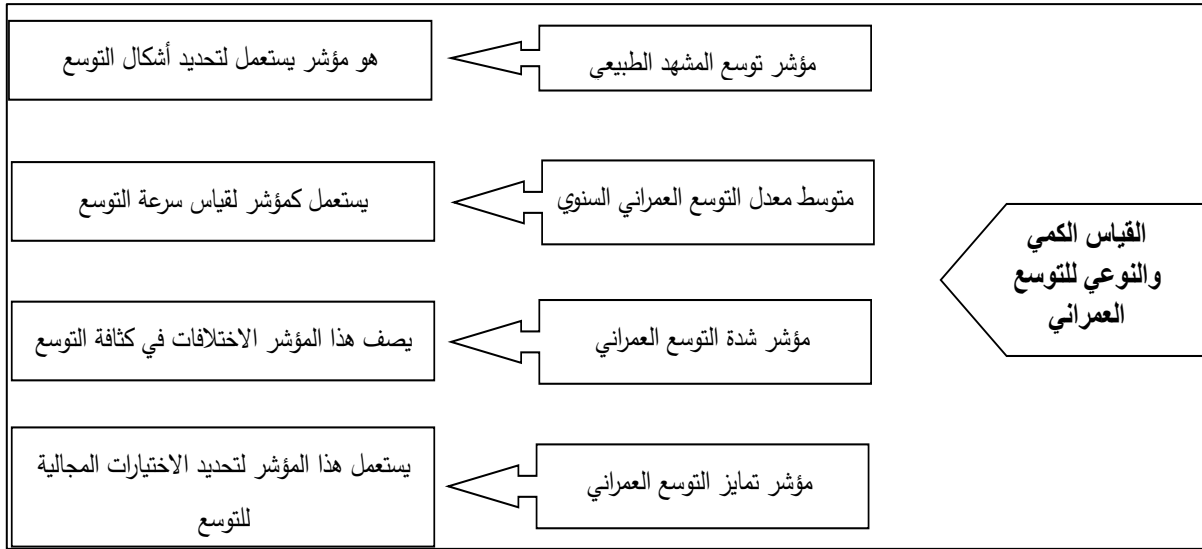
بعد الانتهاء من عملية التصنيف، تم استعمال تقنية كشف التغير لتحديد التغير في الغطاء الأرضي لفترات زمنية مختلفة. يتمثل الهدف الرئيسي من التقنية في تحديد الموقع الجغرافي، نوع وحجم التغير، بالإضافة إلى تقييم دقة النتائج (Kotkar & Jadhav, 2015).

تتمثل تقنية كشف التغير المستعملة في هذا البحث في تقنية مقارنة ما بعد التصنيف (post-classification comparison)، تتضمن نتائج تصنيف مستقلة لكل نهاية فترة زمنية ذات أهمية، متبوعة بمقارنة مقطع تلو الآخر أو بكسل ببكسل لاكتشاف تغييرات الغطاء الأرضي، تتمثل مخرجات استعمال التقنية في إنشاء مصفوفة متقاطعة ذات اتجاهين كما تنتج خريطة موضوعية تحتوي على معلومات التغير من فترة زمنية سابقة إلى فترة لاحقة.

3. تحليل الخصائص الزمانية والمكانية للتوسع العمراني:

بعد تطبيق تقنية كشف التغير على مجال الدراسة تمكنا من تحديد التغير الكمي لكل مجال زمني مدروس من خلال البيانات الإحصائية لتغير الغطاء الأرضي، إلا أنها غير كافية لتحديد الخصائص المكانية والزمانية للتوسع العمراني التي تساعدنا على تحديد الموقع الجغرافي للتوسع. لقد طبقت مختلف الدراسات مجموعة من المؤشرات والتقنيات التحليلية لنظم المعلومات الجغرافية لتحديد وقياس وتيرة وشدة ومقدار التوسع العمراني. تتمثل المؤشرات الأكثر استعمالاً في تحديد خصائص التوسع العمراني في كل من مؤشر التوسع الأفقي (LEI) (Liu et al., 2010)، متوسط معدل التوسع العمراني السنوي (AUER)، مؤشر كثافة التوسع العمراني (UEII) (Hu et al., 2007)، ومؤشر تمايز التوسع العمراني (UEDII). تم الاعتماد على هذه المؤشرات في دراستنا حيث نلخصها في الشكل رقم 19.

الشكل رقم 19: منهجية استعمال مؤشرات قياس التوسع العمراني.



مؤشر توسع المشهد الطبيعي (LEI) هو مؤشر يستعمل لتحديد أشكال التوسع المتمثلة في الملء، التوسع المستمر والتوسع الزاحف بين فترتين زمنيتين مختلفتين، حيث يعتمد على تقنية الحرم المكاني (buffer analysis) كأداة لحسابه. يعبر عنه بالمعادلة التالية (Liu et al., 2010):

$$LEI = \frac{A_0}{A_0 - A_v} \times 100$$

حيث LEI هو مؤشر توسع المشهد الحضري الحديث، A_0 هو التقاطع بين المنطقة العازلة والمنطقة المبنية، و A_v هو التقاطع بين المنطقة العازلة والمنطقة الشاغرة.

تم اقتراح مجموعة من القواعد لتحديد أشكال التوسع (X. Liu et al., 2010):

- (1) إذا كان التوسع الجديد على شكل ملء، فإن المنطقة المبنية القديمة تحتل أغلب المنطقة العازلة (buffer zone) أي على الأقل بنسبة 50% فما فوق.
- (2) إذا كان التوسع الجديد على شكل توسع مستمر، فإن المنطقة المبنية القديمة تحتل أقل من نصف المنطقة العازلة (buffer zone) أي على أقل من 50% وأكبر من 0.
- (3) إذا كان التوسع الجديد على شكل توسع مشتت، فإن المنطقة المبنية القديمة تكون بعيدة عن المنطقة العازلة (buffer zone) أي أن قيمة LEI تساوي 0. (الجدول رقم 16)

جدول رقم 16: أشكال التوسع العمراني بالنسبة لقيم مؤشر التوسع الأفقي.

المجال	أشكال التوسع
$0 < LEI \leq 50$	توسع مستمر
$50 < LEI \leq 100$	توسع ملء
0	توسع مشتت

المصدر: (X. Liu et al., 2010).

يستخدم متوسط معدل التوسع العمراني السنوي كمؤشر لقياس معدل توسع الأرض المبنية بين فترتين زمنيتين. تكتب معادلته كالتالي (Acheampong et al., 2017):

$$AUER_i = \left[\left(\frac{ULA_i^{t2}}{ULA_i^{t1}} \right)^{\frac{1}{\Delta t}} - 1 \right] \times 100$$

حيث $AUER_i$ هو معدل التوسع العمراني السنوي؛ و ULA_i^{t1} و ULA_i^{t2} هي المساحة في وحدة i في كل من الزمن t_1 و t_2 على التوالي، Δt هي الفترة الزمنية للدراسة. لا يتأثر متوسط معدل التوسع العمراني السنوي بحجم الوحدة المكانية.

زيادة على ذلك، تم استعمال مؤشر كثافة التوسع العمراني (UEII) في هذه الدراسة، حيث يقوم بحساب متوسط النسبة السنوية للأرض المبنية حديثاً لوحدة مكانية بالنسبة المساحة الإجمالية لتلك الوحدة المكانية (Hu et al., 2007)، تكتب معادلته على الشكل التالي (Qiuying et al., 2015):

$$UEII_i = \frac{|ULA_i^{t2} - ULA_i^{t1}|}{TLA_i \times \Delta t} \times 100$$

حيث $UEII_i$ هو مؤشر كثافة التوسع الحضري في وحدة مكانية i ، و ULA_i^{t1} و ULA_i^{t2} هي الأرض المبنية في الزمن t_1 و t_2 على التوالي. TLA_i هي المساحة الإجمالية لمنطقة الدراسة i ، Δt هي الفارق

الزمني بين t_1 و t_2 . يصف مؤشر شدة التوسع العمراني درجة الأفضلية في التوسع العمراني في اتجاهات مختلفة حيث يشير إلى نمو المناطق المبنية لوحدة مكانية كنسبة مئوية من إجمالي مساحة الوحدة المكانية في فترة الدراسة (Hu et al., 2007).

تخضع عملية التوسع العمراني لمختلف المحددات وتأثيراتها المكانية، وينتج عنها توسعات مختلفة في كل منطقة. حيث سميت هذه العملية بأفضلية التوسع (Heidarinejad, 2017, p. 46-47). استخدمنا في هذا البحث مؤشر شدة التوسع العمراني لتحليل وتقييم التوسع العمراني كميًا. يوضح هذا المؤشر أماكن تركيز التوسع العمراني، حيث يحدد من خلال قيمه مناطق التوسع ذات الشدة العالية والشدة المنخفضة. ولتحقيق ذلك قمنا بتقسيم منطقة الدراسة إلى 11 دائرة متركزة.

يمكن تفسير قيم مؤشر شدة التوسع العمراني من خلال القيم التالية: في حال أن قيمته أكبر تماما من 1,92 فإن التوسع سريع جدا، أما إذا كانت قيمته منحصرة بين 1,05 و 1,92 فهو توسع سريع، في حالة أخرى إذا كانت القيم منحصرة بين 0,59 و 1,05 فإن سرعة التوسع متوسطة، وفي حين أن القيم منحصرة بين 0,28 و 0,59 فإن التوسع منخفض السرعة وفي الأخير، فإن القيم المنحصرة بين 0 و 0,28 تعبر عن توسع بطيء (جدول رقم 17).

جدول رقم 17: مجال قيم مؤشر كثافة التوسع العمراني.

المجال	إمكانات التوسع (السرعة)
$0,00 < UEII < 0,28$	بطيئة
$0,28 < UEII < 0,59$	منخفضة
$0,59 < UEII < 1,05$	متوسطة
$1,05 < UEII < 1,92$	سريعة
$1,92 < UEII$	سريعة جدا

المصدر: (Acheampong et al., 2017).

باستعمال مؤشر آخر يتمثل في مؤشر تمايز التوسع العمراني (UEDI) الذي يقوم بحساب نسبة المنطقة الحضرية المتزايدة في وحدة مجالية بالنسبة إلى إجمالي المنطقة المتغيرة. على عكس مؤشر شدة التوسع العمراني (UEII)، يحدد مؤشر تمايز التوسع العمراني (UEDI) التباين في التوسع العمراني للأراضي بين الوحدات المجالية المختلفة بالنسبة لمعدل توسع المدينة ككل، مما يجعل هذه الوحدات قابلة للمقارنة (Acheampong et al., 2017). هذا المقياس مفيد في تقييم تمايز توسع الأراضي وتحديد النقاط الساخنة للتوسع العمراني. بشكل آخر يحدد هذا المؤشر اختيارات التوسع العمراني من حيث الموقع، تكتب معادلته كالتالي (Qiuying et al., 2015):

$$UEDI_i = \frac{|ULA_i^{t2} - ULA_i^{t1}| \times ULA_i^{t1}}{|ULA^{t2} - ULA^{t1}| \times ULA_i^{t1}}$$

حيث $UEDI_i$ هو مؤشر تمايز التوسع الحضري في وحدة i ، و ULA_i^{t1} و ULA_i^{t2} هما مساحات الأرض المبنية في وحدة i في الأزمنة $t1$ و $t2$ على التوالي، أما ULA^{t1} و ULA^{t2} فهي إجمالي المساحة المبنية في منطقة الدراسة في الأزمنة $t1$ و $t2$ على التوالي.

بشكل عام، يمكن أن يكون هناك ثلاث فئات محتملة من قيم مؤشر التمايز (Acheampong et al., 2017):

- (1) عندما يكون للوحدة المكانية المكونة (أي المنطقة) مؤشر تمايز < 1 وفي هذه الحالة، يتم تصنيف المنطقة على أنها منطقة سريعة النمو (المنطقة الساخنة) فيما يتعلق بمنطقة الدراسة بأكملها.
- (2) عندما يكون مؤشر التمايز للمنطقة > 1 وفي هذه الحالة، يتم تصنيف المنطقة على أنها منطقة نمو بطيئة فيما يتعلق بمنطقة الدراسة.
- (3) عندما يكون مؤشر التمايز للمنطقة مساوياً لـ 1 وفي هذه الحالة، يتم تصنيف المنطقة على أنها منطقة نمو معتدلة. كما هو معبر عنه في (الجدول رقم 18).

جدول رقم 18: قيم مؤشر تمايز التوسع العمراني.

المجال	تمايز التوسع العمراني
$UEDI > 1$	توسع سريع
$UEDI = 1$	توسع معتدل
$UEDI < 1$	توسع بطيء

المصدر: (Acheampong et al., 2017).

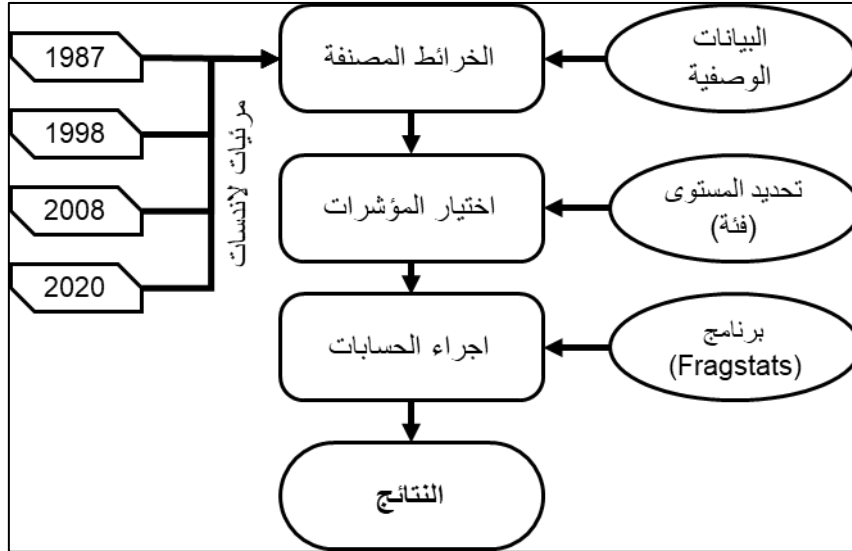
في تصنيف آخر للمؤشر حددت الدراسة المقدمة من قبل (Yu et al., 2021) خمس فئات كالتالي: من $0 - 0,55$ بطيء، $0,55 - 0,99$ منخفض، $0,99 - 1,36$ متوسط، $1,36 - 1,72$ سريع، أكبر من $1,72$ سريع جداً.

4. تحليل أنماط التوسع العمراني:

في الجزء السابق قمنا بتطبيق تقنية كشف التغير على بيانات الاستشعار عن بعد، ومن خلالها قمنا باستخدام بعض المؤشرات الكمية لتحليل الخصائص الزمانية والمكانية للتوسع العمراني، والتي قدمت معلومات جد قيمة للدراسة. فلفهم الأنماط المكانية للتوسع العمراني والتي تعطي صورة واضحة حول الشكل

العمراني للمدينة، قمنا باستخدام مجموعة من المقاييس المجالية التي تعتبر أدوات فعالة لتحليل الأنماط الديناميكية للتوسع. الشكل رقم 20 يختصر المنهجية المتبعة لتحليل أنماط التوسع العمراني.

الشكل رقم 20: المنهجية المتبعة لتحليل أنماط التوسع العمراني.



1.4. التحليل الكمي لأنماط التوسع العمراني باستخدام المقاييس المجالية:

بهدف تحديد الأنماط المجالية الحضرية، قمنا باستخدام مجموعة متنوعة من المقاييس المجالية باستعمال برنامج (Fragstats 4). غالبا ما تستخدم المقاييس لتحديد جوانب عديدة للنمط المجالي، نتيجة لذلك نادرا ما نجد ارتباطا فرديا بين قيم المقياس والنمط المجالي، حيث تصف معظم المقاييس نفس الجانب أو جوانب متشابهة للنمط المجالي كما أنها مرتبطة فيما بينها (McGarigal et al., 2012). أظهرت العديد من الدراسات أنه لا يوجد مقياس مجالي واحد يصف النمط الحضري، وبالتالي فإن اختيار المقاييس المجالية يعتمد على أهداف الدراسة وطبيعة الأنماط المدروسة.

لتحقيق هدف دراستنا المتمثل في تحليل خصائص الأراضي الحضرية، قمنا بتقسيم استخدامات الأرض إلى قسمين رئيسيين: الأراضي الحضرية، التي تمثلها منطقة التجمع الحضري الرئيسي في ميله، والأراضي غير الحضرية، التي تشمل جميع الفئات الأخرى لاستخدامات الأراضي. ولدراسة الأنماط المكانية بدقة، اخترنا ستة مقاييس محددة، مما سيمكننا من إجراء تحليل شامل وعميق للخصائص المميزة لكل نوع من الأراضي في منطقة الدراسة.

تتمثل هذه المقاييس الستة في: (Class Area) والذي يعبر عن المساحة الحضرية الكلية، عدد البقع (NP) والذي يعبر عن عدد البقع الحضرية الفردية، (LPI) والذي يشير إلى نسبة أكبر بقعة حضرية، تكون نسبته 100% إذا كانت المنطقة الحضرية عبارة عن بقعة واحدة، كما تقترب نسبته من 100% كلما

أصبحت المنطقة الحضرية أكثر تكتلا وتراسا (Pham & Yamaguchi, 2011). يعبر مقياس كثافة البقع (PD) عن مدى تجزئة البقع الحضرية. بالإضافة إلى ذلك، يعطينا مقياس (MNN) صورة عن المسافة بين البقع الفردية. وأخيرا مقياس (AWMPFD) والذي يقيس مدى تعقيد شكل البقع، فإذا كانت هذه الأخيرة أكثر تعقيدا وتجزئة فإن المعامل يزداد إلى بعد كسوري أعلى (fractal dimension) (Herold et al., 2003).

1.1.4. مقياس المساحة الكلية (Class Area):

هو أحد أسهل المقاييس للتطبيق، حيث يقوم بقياس المساحة الإجمالية للغطاء الأرضي بالهكتار. يعبر هذا المقياس في دراستنا عن المساحة الإجمالية لكل من المنطقة المبنية والغير مبنية، يعبر عنه بالمعادلة التالية:

$$CA = \sum_{j=1}^n a_{ij} \left(\frac{1}{10000} \right)$$

وحدة القياس: الهكتار.

المدى: $CA > 0$ ، بدون حدود.

" يقترب CA من 0 حين يصبح نوع البقعة شبه منعدم في المنظر الطبيعي. $CA = TA$ عندما تتكون المناظر الطبيعية بأكملها من بقعة من نوع واحد؛ أي عندما تتكون الصورة بأكملها من بقعة واحدة" الوصف: هو مجموع مساحات جميع البقع من نفس النوع بالمتري مربع، مقسومة على 10000 لتحويلها للهكتار (McGarigal & Marks, 1995, p. 86). بصفة عامة، هذا المقياس يقيس مساحة أو حجم التوسع العمراني.

2.1.4. مقياس عدد البقع (NP):

عدد البقع الحضرية هو مقياس المناطق الحضرية المتقطعة أو الوحدات الحضرية الفردية في المشهد الحضري. فمع النمو المتواصل للمدن من المتوقع أن يزداد عدد البقع الجديدة التي تحيط بالمنطقة الحضرية. يمكن حسابه وتفسيره بسهولة، إلا أنه يمكن أن يعطي نتائج مضللة نتيجة لعدم تمييزه بين مساحات الفئات. يعبر عنه بالمعادلة التالية:

$$NP = n_i$$

وحدة القياس: غير موجودة.

المدى: $NP \geq 1$ ، بدون حدود.

$NP = 1$ عندما تحتوي المناظر الطبيعية على بقعة واحدة فقط من نفس النوع؛ أي عندما يتكون القسم من بقعة واحدة.

الوصف: NP يساوي عدد البقع من نفس النوع (الفئة).

يقيس عدد البقع (NP) مدى التقسيمات الفرعية للمناطق الحضرية. تكون قيمة NP مرتفعة عندما يكون التوسع الحضري متناسباً مع زيادة في المناطق الحضرية المقسمة أو عندما تصبح المشهد الحضري أكثر تجزئاً وتمايزاً.

3.1.4. مقياس كثافة البقع (PD):

تُعد كثافة البقع (PD) Patch Density مقياساً آخر لتجزئة المناظر الطبيعية ويشير إلى التوزيع المكاني لبقع فئات الغطاء الأرضي، حيث تمثل كثافة الوحدات الحضرية المجزأة داخل منطقة محددة (مثلاً لكل هكتار). يُعتبر هذا المؤشر مؤشراً جيداً على درجة تجزئة المناظر الطبيعية. تتأثر قيم هذا المؤشر بحجم البكسل ووحدة التمثيل الخرائطي الدنيا، حيث تعتبر هذه الأخيرة هي العامل المحدد لتعريف البقع الفردية، فوحدات التمثيل الخرائطي الأصغر تتطوي على عدد أكبر من البقع وبالتالي قيم PD أعلى .

يمكن أن ترتفع أو تنخفض قيمة PD بناءً على الظروف المختلفة. فعلى سبيل المثال، عندما يزداد عدد البقع الصغيرة في المناظر الطبيعية دون زيادة كبيرة في المساحة الإجمالية للمناظر الطبيعية، ستزداد قيمة PD مشيرة إلى تنمية حضرية غير متجانسة ومجزأة. بينما إذا زادت المساحة الإجمالية للمناظر الطبيعية دون تغيير كبير في عدد البقع الحضرية، فإن كثافة البقع ستتنخفض ضمناً مما يعني تكوين سطح حضري متصل بسبب دمج البقع الحضرية الأصغر. ومع ذلك، إذا زاد عدد البقع والمساحة الإجمالية للمناظر الطبيعية معاً بشكل متناسب، فلن يكون هناك اختلاف كبير في PD لهذا المشهد. لذا من المهم الانتباه عند تفسير هذا المقياس. حيث تمثل البقعة مساحة مغطاة بفئة غطاء أرضي واحدة، بينما تعبر كثافة البقع عن عدد البقع في الوحدة المرجعية بأكملها على أساس كل منطقة. يعبر عنه بالمعادلة التالية:

$$PD = \frac{N}{A} (10000) * 100$$

وحدة القياس: عدد البقع في 100 هـ.

المدى: $PD > 0$ ، بدون حدود.

الوصف: PD يساوي عدد البقع في المناظر الطبيعية مقسومة على مساحة المناظر الطبيعية الإجمالية، مضروبة في 10000 (لتحويلها إلى 100 هكتار) (McGarigal & Marks., 1995, p.88).

تعتمد كثافة البقع على حجم أصغر وحدة تمثيل خرائطي لبيانات المدخلات وعدد الفئات المختلفة. حيث تعبر عن مدى تجزئة المشهد. هذا المؤشر مهم لتقييم هياكل المناظر الطبيعية، مما يتيح إجراء مقارنات بين الوحدات ذات الأحجام المختلفة.

4.1.4. مؤشر أكبر بقعة (Largest patch index):

هو نسبة المساحة التي تغطيها أكبر بقعة في تقسيم المشهد الحضري على المساحة الإجمالية للمناظر الطبيعية (Herold et al., 2002). يصف هذا المقياس المساحة الإجمالية للأرض التي تغطيها أكبر بقعة في المناظر الطبيعية معبراً عنها بالنسبة المئوية، حيث يفيد في معرفة مدى هيمنة النسيج العمراني القائم بالنسبة للمجال الحضري ككل. فهو يرتفع كلما أصبحت البقعة الحضرية أكثر تكتلاً. يعبر عليه بالمعادلة التالية:

$$LPI = \frac{\text{Max}_{j=1}^n (a_{ij})}{A} \times 100$$

وحدة القياس: نسبة مئوية %.

المدى: $0 < LPI \leq 100$.

"يقترّب LPI من 0 عندما تكون أكبر رقعة في المشهد الحضري صغيرة. أما إذا كان $LPI = 100$ فإن المشهد يتكون بأكمله من بقعة واحدة؛ أي عندما تشكل أكبر بقعة 100% من المجال ككل."

الوصف: LPI يساوي المساحة (m^2) لأكبر بقعة حضرية مقسومة على مساحة المجال الكلية (m^2)، مضروبة في 100 (لتحويلها إلى نسبة مئوية) (McGarigal & Marks, 1995, p. 87). بعبارة أخرى، يعادل LPI النسبة المئوية للرقعة الحضرية الأكبر.

5.1.4. متوسط المسافة للجار الأقرب (MNN):

يعبر هذا المقياس عن المسافة إلى البقعة الأقرب من نفس الفئة، حيث يقيس المسافة بين حواف البقعتين المتجاورتين أو أكثر من ذلك. يتطلب العمل به وجود بقعتين من نفس النوع على الأقل. يعتبر مقياساً مهماً لمعرفة مدى تجزئة المجال الحضري وتشتته، حيث كلما كان المجال الحضري أكثر تبعثراً كلما ارتفعت قيمة MNN. تكتب معادلته على الشكل التالي:

$$MNN = \frac{\sum_{j=1}^{n'} h_{ij}}{n'_i}$$

وحدة القياس: المتر.

المدى: $MNN > 0$ ، بدون حدود.

يعبر عن الخطء في حساب MNN بنقطة إذا لم يتوفر العدد الكافي من البقع.

الوصف: MNN يساوي مجموع المسافة (m)، بناء على أقرب مسافة من الحافة إلى الحافة، لكل بقعة من نفس نوع، مقسوما على عدد البقع من نفس النوع (McGarigal & Marks, 1995, p. 101).

6.1.4. مقياس متوسط وزن البعد الكسوري للمساحة (AWMPFD):

البعد الكسوري هو مقياس لتعقيد شكل التصحيح الذي يصف الالتفاف والتجزئة للبقعة كنسبة محيط إلى منطقة. وتقدر القيمة المتوسطة المرجحة لقيم البعد الكسوري لجميع البقع من نفس الفئة. يعطي AWMPFD قياساً محسناً لتجزئة فئة البقعة لأنه يحدد متوسط الأبعاد الكسورية لجميع البقع عن طريق ترجيح الغطاء الأرضي الأكبر (Herold et al., 2003b). سيؤدي متوسط البقع إلى تقليل المبالغة في تقدير البعد الكسوري نظراً لحقيقة أن بنية البقع الأصغر غالباً ما يتم تحديدها من خلال الدقة المكانية للصورة أكثر، بغض النظر عن الخصائص المكانية الطبيعية أو المصطنعة من قبل الإنسان الموجودة في المشهد الطبيعي.

بشكل عام، عندما يكون للبقعة شكل عادي مدمج مع محيط صغير نسبياً بالنسبة للمنطقة، سيكون AWMPFD منخفضاً. وعلى العكس من ذلك، إذا كانت البقع غير منتظمة ومعقدة ومجزأة، فإن المحيط يزداد مما يؤدي إلى بعد كسوري أعلى (McGarigal et al., 2002). تقل قيمة المقياس كلما زاد انتظام المدينة وكلما كان شكلها الحضري أكثر بساطة واندماجاً (مربع). تكتب معادلتها على الشكل التالي:

$$AWMPFD = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \left[\left(\frac{2 \ln(0.25 p_{ij})}{\ln a_{ij}} \right) \left(\frac{a_{ij}}{A} \right) \right]$$

وحدة القياس: غير موجودة.

المدى: $1 \leq AWMPFD \leq 2$.

يشير البعد الكسري الأكبر من 1 لفسيفساء المناظر الطبيعية ثنائية الأبعاد إلى الخروج عن الهندسة الإقليدية (أي زيادة في تعقيد شكل البقع). يقترب AWMPFD من 1 للأشكال ذات محيط بسيط للغاية مثل الدوائر أو المربعات، ويقترب من 2 للأشكال ذات محيط شديد التعقيد.

الوصف: يساوي AWMPFD مجموع مرتين لوغاريتم محيط البقعة (m) مقسومًا على لوغاريتم مساحة البقعة (m²)، مضروبًا في مساحة البقعة (m²) مقسومًا على المساحة الكلية للمشهد. بعبارة أخرى، AWMPFD يساوي متوسط البعد الكسري التصحيح (FRACT) للبقع في المناظر الطبيعية، مرجحة حسب مساحة البقعة.

خلاصة المحور:

في هذه الدراسة، اعتمدنا على نظام تصنيف أندرسون المعدل لتحديد فئات الغطاء الأرضي إلى أربعة أقسام رئيسية: المناطق الحضرية، النباتات، الأراضي القاحلة، والمساحات المائية. استخدمنا مؤشرات طيفية مثل SAVI و MNDWI و IBI لتحليل الأنواع المختلفة للغطاء الأرضي.

قمنا بتطبيق تقنية الجمع بين المؤشرات وتصنيفها باستخدام تقنية الإمكان الأعظم. للتحقق من دقة التصنيف، استندنا إلى مصفوفة الخطأ و 100 نقطة تحقق، مع مقارنة النتائج بصور الأقمار الصناعية عالية الدقة.

لرصد تغيرات الغطاء الأرضي، استخدمنا تقنية كشف التغير. كما قمنا بتحليل الخصائص الزمانية والمكانية للتوسع العمراني من خلال مجموعة من المؤشرات مثل LEI و AUER و UEII، باستخدام برنامج Fragstats 4 لتحديد الأنماط الديناميكية.

بهذه الطريقة، تمكنا من إعداد منهجية شاملة تهدف إلى فهم وتقييم التغيرات في استخدامات الأراضي والتوسع العمراني في المنطقة المدروسة.

المحور الثاني: التحقق من العلاقة بين التوسع العمراني ومحدداته.

مقدمة المحور:

تعد دراسة التوسع العمراني ومحدداته مجالاً معقداً يتطلب طرقاً منهجية دقيقة ومتعددة. يهدف هذا التحليل إلى فهم العوامل التي تؤثر على نمو المناطق الحضرية وتحديد آثارها كمياً. لتحقيق ذلك، طور الباحثون وطبقوا تقنيات إحصائية وذكاء اصطناعي متنوعة.

من بين الطرق الأكثر استخداماً نجد:

1. الانحدار الخطي البسيط: تسمح هذه التقنية بدراسة العلاقة بين التوسع العمراني وعامل محدد واحد.

2. الانحدار الخطي المتعدد: يوسع هذا النوع التحليل ليشمل عدة متغيرات تفسيرية، مما يوفر نظرة أكثر شمولاً للتأثيرات على التوسع العمراني.

3. الانحدار اللوجستي: مفيد بشكل خاص لنمذجة احتمالية التوسع العمراني اعتماداً على متغيرات مستقلة متنوعة.

4. الشبكات العصبية الاصطناعية (ANN): يمكن لهذا النهج من الذكاء الاصطناعي التقاط العلاقات المعقدة وغير الخطية بين التوسع العمراني ومحدداته.

تسمح هذه الطرق، كل منها بقوتها وحدودها الخاصة، للباحثين والمخططين الحضريين بفهم أفضل لديناميكيات التوسع العمراني والتنبؤ بالاتجاهات المستقبلية. هذا الفهم ضروري للتخطيط الحضري الفعال والمستدام.

1. نموذج الانحدار اللوجستي:

يعتبر الانحدار اللوجستي الثنائي أكثر الطرق ملاءمة لدراستنا، حيث يقوم مبدأ عمله على قياس العلاقة بين متغير تابع ثنائي فئوي أو رتبي، ومجموعة من المتغيرات المستقلة يمكن أن تكون فئوية أو/رقمية أو/رتبية. تكتب معادلته على الشكل التالي:

$$P = \frac{1}{1 + e^{-z}}$$

حيث P تمثل احتمالية حدوث توسع عمراني وتنحصر قيمتها بين 0 و1. أما z فيمثل التركيبة الخطية للمتغيرات المستقلة والمتمثلة في العوامل الدافعة للتوسع العمراني. تكتب معادلته كالتالي:

$$z = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n$$

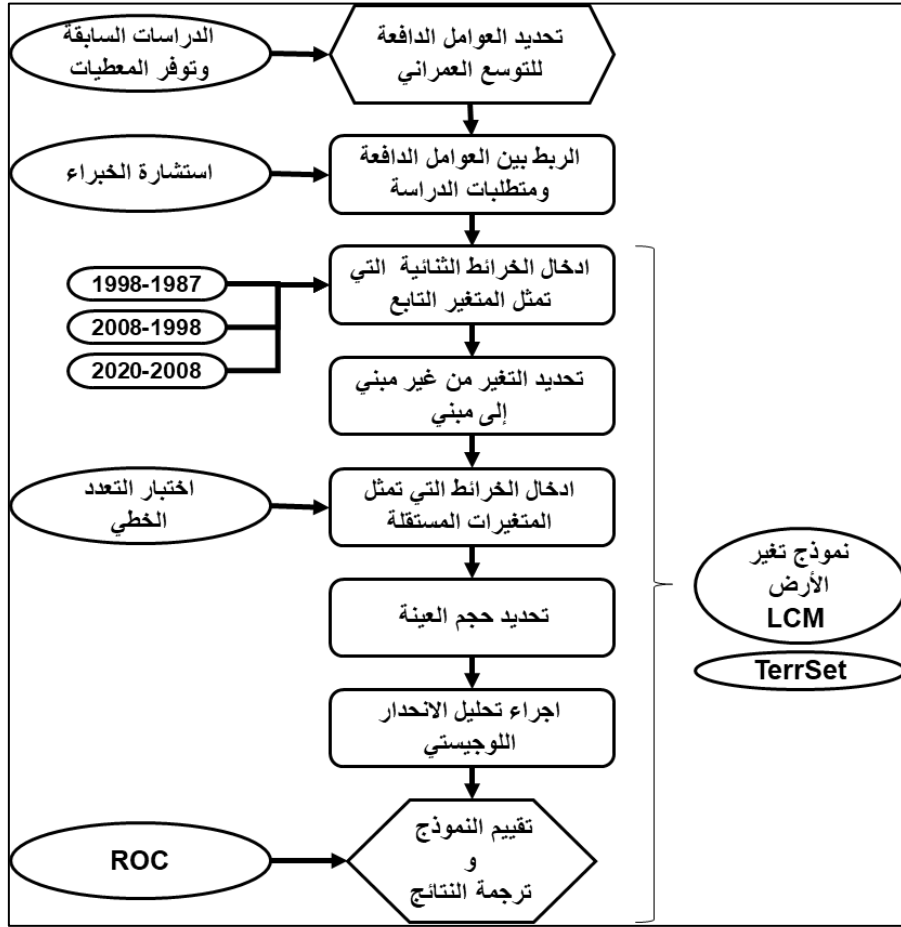
حيث b_0 يعتبر الوسيط في النموذج، b_i ($i= 1,2,3\dots n$) يمثل معامل ارتباط كل متغير مستقل x_i .

تعبر قيمة المتغير التابع عن حدوث أو عدم حدوث التوسع العمراني، حيث يعبر عنه بـ 1 عندما تتغير الخلية من منطقة غير حضرية إلى منطقة حضرية. والعكس عندما يعبر عنه بـ 0 فذلك يدل على عدم وجود تغير. بصورة أوضح تعبر القيمة 1 عن المنطقة المبنية والقيمة 0 عن المنطقة الغير مبنية.

يتجلى الهدف الرئيسي من استخدام الانحدار اللوجستي في قدرته في تحديد مدى قوة العلاقة بين التوسع العمراني ومحدداته، وفي نفس الوقت تحديد اتجاه العلاقة. تدل قيمة معامل الانحدار كلما ابتعدت عن القيمة 0 على قوة العلاقة، عكس ذلك فإن الاقتراب من 0 يدل على ضعف العلاقة (Ratner, 2009). أما بالنسبة اتجاه العلاقة فيعبر عنه بالقيمة الموجبة أو السالبة لمعامل الانحدار، فالقيمة الموجبة تدل على أن علاقة المتغير التابع والمتغير المستقل طردية، أما قيمته السالبة فتدل على أن العلاقة عكسية (Hamdy et al., 2017).

تم تلخيص المنهجية المتبعة في تطبيق الانحدار اللوجستي على كل فترة من فترات الدراسة من خلال الشكل رقم 21.

الشكل رقم 21: المنهجية المتبعة لنمذجة الانحدار اللوجستي في الدراسة.



2. إعداد مدخلات نموذج الانحدار اللوجستي:

تم إعداد جميع الخرائط التي تعبر عن الفترات المختلفة للدراسة باستخدام برنامج ArcGIS، حيث استعملنا بيانات الإدخال بتنسيق نقطي بحجم خلية 30م × 30م لتتناسب مع دقة صور لاندسات، كل المعطيات مرجعة جغرافيا إلى النظام WGS 84، باستعمال الإسقاط الجغرافي UTM المنطقة الشمالية N32.

1.2. المتغير التابع:

في هذا النموذج، تم استخدام أربع خرائط للغطاء الأرضي للأعوام 1987، 1998، 2008 و2020 لإجراء تحليل الانحدار اللوجستي، فمن خلال مطابقة هذه الخرائط تم استخراج التغير في الغطاء الأرضي لفترات الزمنية التالية 1987-1998، 1998-2008 و2008-2020، وهي الأخرى تم تحويلها إلى خرائط ثنائية معبر عنها بـ 0 و1 تمثل كل واحدة منها المتغير التابع في فترة زمنية محددة. تمثل القيمة 0 البكسلات التي تعبر عن الغطاء الأرضي الغير المبني بينما تمثل القيمة 1 البكسلات التي تعبر عن الغطاء الأرضي المبني. افترضنا في هذه الدراسة أن الغطاء الأرضي يتغير فقط من الأرض غير المبنية

إلى الأرض المبنية، وذلك راجع إلى حقيقة أن إمكانية تغيير الغطاء الأرضي من مبني إلى غير مبني أمر نادر الحدوث في البلدان النامية مثل الجزائر إلى في حالات نادرة مثل الكوارث الطبيعية.

2.2. المتغيرات المستقلة:

اعتمدنا في دراستنا على نموذج الانحدار اللوجستي لتحليل العلاقة بين التوسع العمراني كمتغير تابع وتوسع متغيرات مستقلة متمثلة في: الانحدار، الارتفاع، المسافة إلى الشعاب، المسافة إلى النسيج العمراني القائم، المسافة إلى شبكة الطرق، المسافة إلى خطوط النقل، المسافة إلى مركز المدينة، المسافة إلى التجهيزات العامة، وكثافة السكان. هذه المحددات الطبيعية والسوسيو-اقتصادية تمكننا من فهم العوامل المؤثرة على التوسع العمراني من خلال تفسير معاملات الانحدار لكل متغير.

يعبر معامل الانحدار عن قوة العلاقة بين المتغير التابع والمتغيرات المستقلة، فكلما ابتعدت قيمته عن الصفر، كلما دل ذلك على وجود علاقة قوية. أما اقترابها من الصفر فيشير إلى علاقة ضعيفة. بالإضافة إلى ذلك، تحدد إشارة معامل الانحدار (موجبة أو سالبة) نوع العلاقة، حيث تشير القيمة الموجبة إلى علاقة طردية بمعنى أن زيادة المتغير المستقل تؤدي إلى زيادة المتغير التابع، بينما تشير القيمة السالبة إلى علاقة عكسية حيث زيادة المتغير المستقل تؤدي إلى انخفاض المتغير التابع.

لضمان الحصول على نتائج دقيقة في نموذج الانحدار، قمنا بتوحيد قيم جميع المتغيرات المستقلة ضمن مجال (0-1) باستخدام طريقة التحول الخطي المتوفرة في برنامج ArcGIS. هذه الخطوة ضرورية لمعالجة الاختلافات الكبيرة في وحدات قياس المتغيرات وتجنب التحيز في النتائج.

4. الارتباط المتعدد (Multicollinearity):

يتمثل الارتباط المتعدد في العلاقة الوثيقة بين متغيرين مستقلين أو أكثر، والتي تؤثر على الارتباط بينهم وبين المتغير التابع. حيث يؤدي وجوده إلى حدوث اختلالات في النموذج على غرار الأخطاء القياسية العالية، وجود قيم مضللة بالنسبة لمعامل الارتباط واتجاه العلاقة (سالب، موجب)، بالإضافة إلى اختلال القيم الإحصائية التي تمكننا من التأكد من صدق النموذج. وبالتالي، فإن وجود التعدد الخطي يؤدي إلى استنتاجات خاطئة ونتائج غير متوقعة ومضللة (Abebe, 2013, p. 38).

هناك العديد من الطرق للتحقق من وجود التعدد الخطي بين المتغيرات المستقلة، إلا أن أشهرها يتمثل في يتمثل في استعمال نموذج خطي للتحقق من وجود علاقة خطية بين المتغيرات المستقلة. من أشهر الطرق للتحقق من وجود التعدد الخطي استعمال معامل تضخم التباين (VIF)، الذي يقيس مدى تضخم الفروق في معاملات الانحدار المقدره مقارنة بالوقت الذي لا تكون فيه متغيرات التنبؤ مرتبطة خطياً.

ليس بالضرورة وجود تعدد خطي تؤدي إلى حدوث أخطاء في النموذج ولكن تخطيه لحد معين يحدث هذه الأخطاء. فقد بينت مجموعة من الدراسات الحد المسموح به والذي ينبغي على معامل تضخم التباين عدم تجاوزه بـ 5,1 (Dahal & Lindquist, 2018; O'brien, 2007). توجد بعض الحلول للتعامل مع التعدد الخطي، يتمثل الحل الأول في إزالة المتغير أو المتغيرات المرتبطة، فهي تعبر عن نفس العلاقة وبالتالي يمكن الاستغناء عنها. بالإضافة إلى إمكانية خفض عدد المتغيرات للتعبير عن كل جانب من الجوانب المدروسة لتجنب حدوث ارتباط خطي بينها (Field, 2013, p. 324)

4. اختيار العينة:

يعتبر تحديد حجم العينة في التطبيقات الإحصائية أمراً مهماً، حيث أن التعامل مع حجم كبير من المعطيات يعيق إجراء التحاليل الكمية. نتعامل في دراستنا مع مجموعة كبيرة من الخلايا (بكسل)، والتي بدورها تحمل معلومات ذات حجم كبير للتعامل معها. وبالتالي فإن استخدام عينة محصورة ضروري لتقليص حجم المعطيات من جهة ومن جهة أخرى لتقليل تأثير الاعتماد المكاني (spatial dependence) والذي يعرف على أنه ميل المواقع القريبة للتأثير على بعضها البعض وامتلاك سمات مماثلة (Goodchild, 1992)، كما يؤكد قانون الجغرافيا الأول لـ Tobler (1970) أن كل شيء مرتبط بكل شيء، إلا أن الأشياء القريبة مرتبطة أكثر من الأشياء البعيدة.

تم التطرق إلى طريقة تجمع بين العينة المنتظمة والعشوائية كحل للتعدد الخطي، وذلك تبعاً للدراسة التي أجراها الباحثين Cheng و Masser سنة 2003، حيث تم اقتراح هذه الطريقة للتقليل من تأثير الاعتماد المكاني. حيث تتميز العينة المنتظمة بقدرتها على التقليل من الاعتماد المكاني، إلا أنها يمكن أن تؤدي إلى فقدان بعض المعلومات المهمة. وعكس ذلك، فإن العينة العشوائية تمكننا من استخراج معلومات ذات قيمة عالية، إلا أنها لا تساعد في التقليل من الاعتماد المكاني الذي يؤثر بشكل سلبي على صدق النموذج. وبالتالي، فإن استخدام الطريقتين معاً يؤدي إلى خفض الاعتماد المكاني دون فقدان المعلومات المهمة (Cheng & Masser, 2003).

في دراستنا، اعتمدنا على أخذ عينة عشوائية من البيانات لتمثيل المجتمع الكلي. اختيار العينة العشوائية يضمن الاحتفاظ بالمعلومات المهمة والممثلة للبيانات الأصلية، مع تجنب الحاجة إلى معالجة كامل حجم البيانات. هذه الطريقة لم تؤثر سلباً على نموذج التحليل من حيث ظهور مشكلة التعدد الخطي (multicollinearity)، وبالتالي لم يكن هناك حاجة لاستعمال الطريقة سابقة الذكر. في حالتنا، استخدمنا

عينة تمثل 10% من إجمالي عدد البكسلات (pixels) في البيانات، وهي نسبة كافية لتمثيل البيانات الأصلية بشكل دقيق دون التأثير على نتائج النموذج.

5. التحقق من ملاءمة النموذج:

لقد استعملنا منحى خصائص تشغيل المُستقبل أو المتلقي (ROC curve)، للتحقق من مدى صحة النموذج. فهو من أفضل الطرق التي تمكننا من تقييم النموذج، حيث يعبر عن نتائج المقارنة بين خريطة التنبؤ باحتمالية التوسع مع خريطة استعمالات الأرض في شكل صورة ثنائية لنفس الفترة الزمنية، ويعبر عن النتائج في منحى بياني (Braimoh & Onishi, 2007a; Hu & Lo, 2007).

تتمثل الخطوة الأولى في حساب ROC في تقسيم خريطة الاحتمالية إلى سلسلة من المناطق التي تمثل العتبة. تشير العتبة إلى النسبة المئوية للخلايا في خريطة الاحتمالات التي يجب إعادة تصنيفها على أنها 1 استعداداً للمقارنة مع الخريطة الفعلية. تم تحديد سلسلة العتبات بمجال متساوي قدره 10%. تمت مقارنة خريطة احتمالية النمو الحضري مع تلك الخاصة بالنمو الحضري الفعلي. ثم رسم منحى ROC مع المعدل الإيجابي الحقيقي مقابل المعدل الإيجابي الخاطئ لكل مجموعة. إحصائية ROC هي المنطقة الواقعة تحت المنحى (AUC)، حيث يستخدم قاعدة شبه منحرف لحساب التفاضل والتكامل لحساب المنطقة والتي تعبر عنها المعادلة التالية (C. Li, 2014, p. 67):

$$\text{Area Under Curve} = \sum_{i=1}^n [x_{i+1} - x_i] \left[y_i + y_{i+1} - \frac{y_i}{2} \right]$$

حيث تمثل x_i معدل الإيجابيات الخاطئة للمجموعة i ؛ y_i تمثل معدل الإيجابيات الحقيقية للمجموعة i ؛ n هي عدد المجموعات.

تشير قيمة ROC البالغة 1 إلى أن خريطة الاحتمال المحاكاة تتطابق تماماً مع خريطة استخدام الأراضي الفعلية. كما تشير قيمة ROC البالغة 0,5 إلى أنه تم تعيين قيم الاحتمالات في مواقع عشوائية (C. Li, 2014, p. 68).

خلاصة المحور:

من خلال هذا المحور تم عرض نموذج الانحدار اللوجستي الثنائي لتحديد العلاقة بين التوسع العمراني ومحدداته. يتضمن هذا النموذج تحليل العلاقة بين متغير تابع (التوسع العمراني) وعدد من المتغيرات المستقلة، بما في ذلك عوامل طبيعية وسوسيو-اقتصادية. تم إعداد البيانات باستخدام برنامج ArcGIS، حيث تم تحويل خرائط الغطاء الأرضي إلى صور ثنائية تعكس التغيرات على مدى السنوات.

لإعداد البيانات، قمت بتنفيذ عدة خطوات مهمة:

- استخدام برنامج ArcGIS لإنشاء ومعالجة الخرائط بدقة مكانية عالية.
- تنسيق البيانات النقطية بدقة 30م × 30م لكل خلية.
- إعداد أربع خرائط لاستخدامات الأراضي تغطي السنوات 1987، 1998، 2008 و2020.
- استعمال مرجع جغرافي موحد لجميع الخرائط والمتمثل في نظام WGS 84 ونظام الإسقاط UTM للمنطقة الشمالية N32.

في نموذج الانحدار، تم دمج تسع متغيرات مستقلة، مما يعكس نهجا متعدد العوامل. لضمان دقة النتائج، تم تحديد قيم هذه المتغيرات في نطاق من 0 إلى 1 باستخدام التحويل الخطي.

لتفادي تأثير الارتباط المتعدد، تم استخدام معامل تضخم التباين (VIF) وتحديد عينة عشوائية تمثل 10% من البيانات. كما تم التحقق من ملاءمة النموذج باستخدام منحنى خصائص تشغيل المستقبل (ROC curve)، حيث تعكس قيمة ROC مدى دقة التنبؤات مقارنة بالبيانات الفعلية. تُظهر هذه المنهجية كيفية استكشاف وتحليل العوامل المؤثرة في التوسع العمراني.

المحور الثالث: نمذجة التوسع العمراني.

مقدمة المحور:

استكمالاً للمراحل السابقة، نهدف من خلال هذا المحور إلى عرض طريقة بناء نموذج CA الذي يمتلك القدرة على محاكاة التوسع الحضري، حيث يعتبر نموذج الخلايا الآلية (CA) كأداة فعالة لمحاكاة وتوقع أنماط النمو الحضري المستقبلية. يستند هذا النموذج على فرضية أساسية مفادها أن التطور العمراني السابق يؤثر بشكل كبير على الأنماط المستقبلية من خلال التفاعلات المحلية بين مختلف استخدامات الأراضي.

بالاعتماد على المعطيات التي تم جمعها في المرحلتين السابقتين قمنا بتطوير نموذج CA متقدم يدمج مجموعة متنوعة من العوامل المؤثرة في التوسع الحضري، مع الأخذ بعين الاعتبار ارتباطه الوثيق بأنظمة صنع القرار. وقد تم اعتماد طريقة المعايير الهجينة في بناء هذا النموذج، والتي أثبتت فعاليتها في تحقيق دقة عالية مقارنة بالطرق التقليدية الأخرى. يهدف هذا العمل إلى توفير أداة قوية لدعم عملية صنع القرار في مجال التخطيط الحضري، وذلك من خلال اقتراح وتحليل سيناريوهات مستقبلية للتوسع العمراني. وسيتم في الأجزاء التالية تقديم شرح مفصل لمنهجية بناء النموذج وتطبيقه في محاكاة التوسع الحضري المستقبلي.

1. بناء النموذج:

تعتبر الأوتوماتا الخلوية (CA) نماذج حسابية تتكون من شبكة من الخلايا، حيث يمكن أن تتكون كل خلية من عدد محدود من الحالات. يتم تحديد حالة كل خلية في فترة زمنية معينة من خلال حالات الخلايا المجاورة لها في الفترة الزمنية السابقة وفقاً لمجموعة من القواعد تسمى قواعد الانتقال (Saputra et Lee, 2019). يعتمد نجاح نموذج CA على تحديد قواعد الانتقال بدقة، وهذه الأخيرة تعتمد بشكل رئيسي على إمكانية الانتقال التي تحدد احتمالية تحول خلية من صنف من استخدامات الأرض إلى صنف آخر، والتي تعتمد بدورها على مجموعة من العوامل الدافعة للتوسع العمراني (F. Wu & Webster, 1998).

تمثل قواعد الانتقال سمة أساسية لنماذج CA (J. Lin & Li, 2016)، لبناء النموذج ينبغي تحديد ومعايرة قواعد الانتقال للوصول إلى نتائج تتوافق مع البيانات التاريخية، فهي نفس القواعد التي يتم استعمالها للتنبؤ بالتوسع المستقبلي (Kumar et al., 2014). تنحصر المناهج المتبعة لتحديد قواعد الانتقال ضمن خمس أنواع كما صنفتها Santé وباحثين آخرين (2010):

1. قواعد الانتقال الأرتوذكسية الصارمة، حيث تعتمد هذه الأخيرة على حالة الخلية في حد ذاتها، وحالة الخلايا المجاورة بصيغة بسيطة في تحديد قواعد الانتقال. تهمل هذه الطريقة مجموع العوامل التي تؤثر في التوسع العمراني بشكل مباشر.

2. قواعد الانتقال القائمة على إمكانات التحول، والتي تعتمد في تحديدها على حالة الخلية والخلايا المجاورة، بالإضافة إلى تأثير مختلف العوامل الاجتماعية، الاقتصادية...، يعتبر هذا المنهج من أكثر المناهج ملاءمة لمحاكات التوسع العمراني إلا أن دقته مرهونة بمدى نجاعة الطرق المستخدمة كعملية تقييم القرار المتعدد التي تعتمد على المستخدم في تحديد الأوزان، بالإضافة إلى نماذج الانحدار التي تعاني من مشكل التعدد الخطي.

3. قواعد الانتقال القائمة على الشكل الحضري، هذا الصنف يعتمد على تحديد قواعد التحول بالاعتماد على النمط التاريخي للتوسع العمراني، حيث ينشئ سيناريوهات للتوسع بالاستناد على بيانات تاريخية كنموذج SLEUTH مثلاً، حيث تعتبر من أكثر الطرق استعمالاً في دراسة التوسع العمراني إلا أنها تعاني من نقص المرونة من حيث إمكانية تغيير المدخلات.

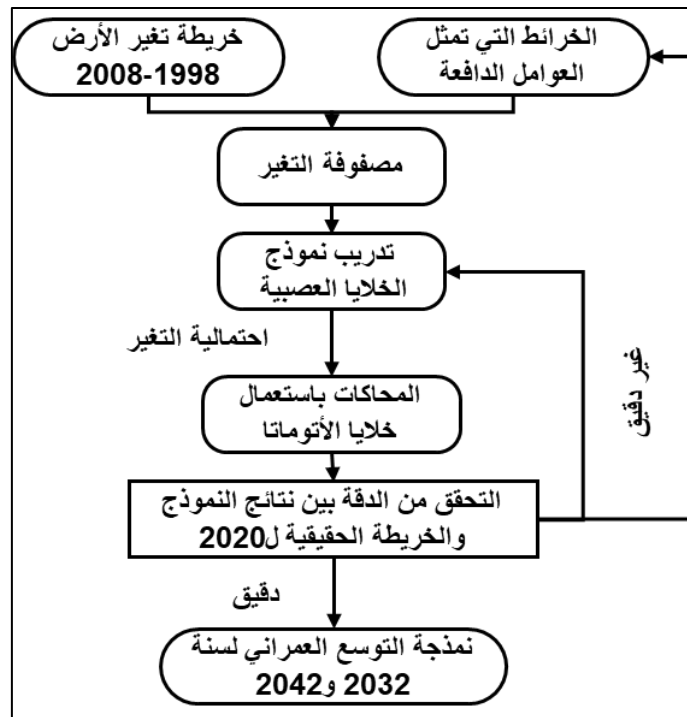
4. قواعد الانتقال على أساس (fuzzy logic)، الذي يسمح بإدراج عدم اليقين في السلوك البشري في المحاكاة وتعريف قواعد الانتقال من خلال لغة طبيعية تعتمد على الكلمات بدل الأرقام، بالرغم من قدرة هذه الطريقة على خفض التكلفة إلا أن الدقة تتأثر.

5. قواعد الانتقال القائمة على مناهج الذكاء الاصطناعي. حيث يعتمد هذا المنهج على خوارزميات التعلم الآلي التي تستهدف التعرف على الأنماط المعقدة من خلال تحليل البيانات السابقة، ومن ثم بناء قواعد الانتقال بشكل آلي. تتميز هذه الطريقة بمرونتها العالية مقارنة بالنماذج الأخرى، كما تتجاوز المحدودية في قدرة المستخدم على مراقبة وتحليل البيانات المعقدة بشكل يدوي. اعتمدنا في دراستنا في تحديد قواعد الانتقال على الذكاء الاصطناعي، من خلال استعمال تقنية شبكة الخلايا العصبية الاصطناعية (ANN).

الشبكات العصبية الاصطناعية (ANNS) هي نماذج حسابية مستوحاة من بنية وعمل الشبكات العصبية البيولوجية في الدماغ. تتكون من العقد المترابطة (الخلايا العصبية الاصطناعية) التي تعالج المعلومات وتتعلم من خلال ضبط قوة اتصالاتها (الأوزان) بناء على بيانات المدخلات والمخرجات المرغوبة. (Tino et Sperduti, 2015).

إن الجمع بين الأوتوماتا الخلوية والشبكات العصبية الاصطناعية (ANNS) هو نهج هجين يستفيد من نقاط القوة في كلا النموذجين. في هذا النهج، تعمل CA كإطار أو هيكل أساسي، بينما توفر ANN قدرات التعلم والتكيف. يوضح الشكل رقم 22 منهجية الجمع بين الأوتوماتا الخلوية والشبكات العصبية الاصطناعية.

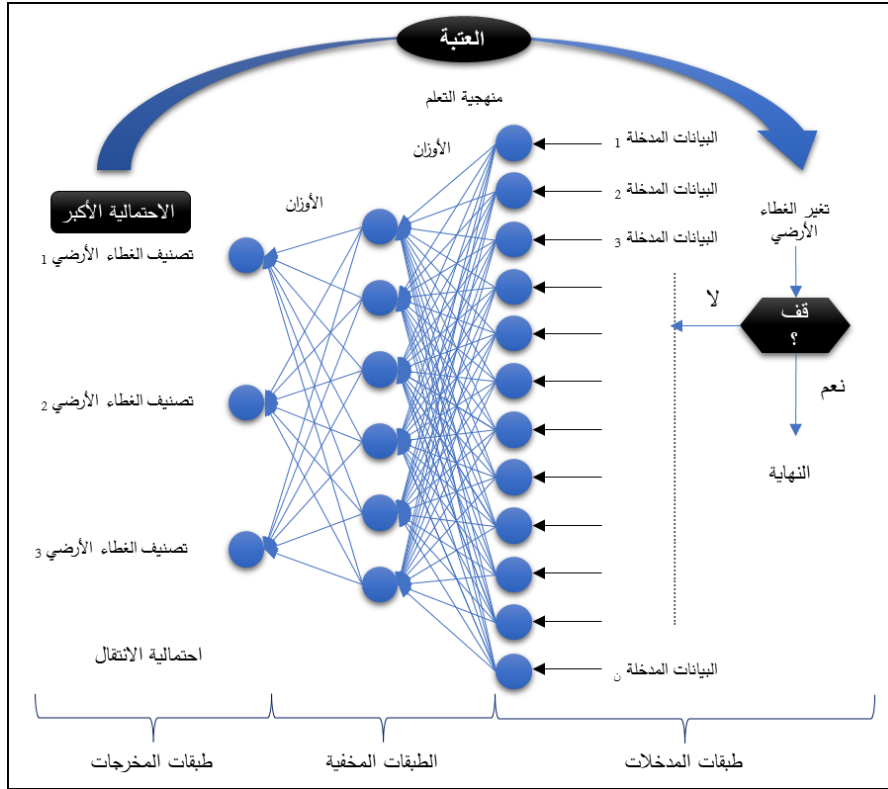
الشكل رقم 22: منهجية نمذجة التوسع العمراني المستقبلي لمدينة ميله.



يمكننا اختصار عمل نماذج الأوتوماتا الخلوي التي تعتمد على الخلايا العصبية الاصطناعية فيما يلي (Saputra et Lee, 2019):

1. تعريف الفضاء الخلوي: يتم تمثيل الفضاء الخلوي على شكل شبكة أو بنية شبكية متجانسة، حيث تمثل كل خلية وحدة معالجة أو خلية عصبية اصطناعية في الشبكة العصبية.
2. تهيئة حالات الخلايا: في البداية، يتم تعيين حالات الخلايا (الخلايا العصبية) بناءً على بيانات أو أنماط الإدخال المراد معالجتها. تمثل هذه الحالات المبدئية المدخلات للشبكة.
3. تعلم قواعد الانتقال: تقوم الشبكة العصبية بتعلم أو تحديد قواعد الانتقال لنموذج خلايا الأوتوماتا، وذلك عن طريق تعديل أوزان الروابط بين الخلايا (الخلايا العصبية) بناءً على أنماط الإدخال والمخرجات المرغوبة المتوفرة في مجموعة البيانات التدريبية.
4. تحديث حالات الخلايا: في كل خطوة زمنية، يتم تحديث حالات جميع الخلايا في الشبكة وفقاً لقواعد الانتقال التي تم تعلمها من قبل الشبكة العصبية، وذلك بناءً على أوزان الروابط وحالات الخلايا المجاورة.
5. تفسير المخرج: باتباع عدد معين من الخطوات الزمنية، تصل الشبكة إلى تشكيلة نهائية لحالات الخلايا، هذه التشكيلة النهائية تمثل مخرج الشبكة العصبية القائمة على خلايا الأوتوماتا، والذي يمكن تفسيره كاستجابة الشبكة أو تصنيفها للنمط المدخل في البداية (شكل رقم 23).

الشكل رقم 23: منهجية التعلم في نموذج الخلايا العصبية الاصطناعية.



المصدر: Saputra, M. H., & Lee, H. S. (2019):

استخدمت هذه الدراسة ملحق MOLUSCE الذي يعمل داخل برنامج QGIS 2.18.10، لوضع سيناريوهات LULC المستقبلية لمدينة ميله لسنتي 2032 و2042. يستخدم النموذج طريقة ANN-CA، والتي توفر العديد من المزايا، بما في ذلك القدرة على التعامل مع البيانات المعقدة، وإظهار تنبؤ قوي، ويتطلب الحد الأدنى من المعالجة المسبقة لبيانات المدخلات.

لضمان تطوير سيناريوهات استخدام الأراضي المستقبلية بدقة واقتراح الخيارات البديلة، يجب إيلاء اهتمام خاص لإعداد طبقات المدخلات بشكل صحيح، حيث أن أي تناقضات في المعايير الهندسية مثل الاستبانة المكانية وحجم البيكسل والإسقاط قد تؤثر سلباً على دقة النتائج. لذلك، تم تعيين جميع الطبقات المستخدمة في هذه الدراسة على معايير موحدة، حيث تم استخدام استبانة مكانية دقيقة بلغت 30 متراً/بيكسل، ونظام الإحداثيات الجغرافية WGS 84، ونظام إسقاط UTM منطقة 32N.

في هذه الدراسة، تم استخدام نماذج الشبكات العصبية الاصطناعية (ANN) لمحاكاة سيناريوهات استخدام الأراضي المستقبلية وتحديد الخيارات البديلة. تستخدم الشبكات العصبية دالة السجمويد⁵

⁵ دالة السجمويد (Sigmoid Function) هي دالة رياضية تتخذ شكل حرف "S" وتستخدم بشكل شائع في مجالات مثل الإحصاء، والتعلم الآلي، وعلم الأعصاب.

(Sigmoid Function) التي تعمل على تغيير نطاق قيم المتغيرات إلى (-1,1) خلال عملية تكوين السيناريوهات التنبؤية. هذا النموذج قادر على نمذجة العلاقات الديناميكية المعقدة في استخدام الأراضي.

يتكون نموذج تنفيذ الشبكات العصبية من ست خطوات رئيسية:

1- تحميل طبقات المدخلات المتمثلة في طبقات استخدام الأراضي/الغطاء الأرضي (LULC) والطبقات التي تعبر عن الخصائص الفيزيائية والاجتماعية لمنطقة الدراسة.

2- تحديد مستوى الارتباط الكمي بين الفترة الزمنية الأولى والثانية من خلال قيم الاتساق في التقاطع بين المتغيرات المستقلة، والتي يمكن حسابها باستخدام معاملات الارتباط مثل معامل (Pearson) أو (Cramer) أو معامل عدم التيقن من المعلومات المشتركة (لا يؤثر التعدد الخطي على نتائج الشبكات العصبية).

3- تحديد التغييرات الكمية في فئات استخدام الأراضي/الغطاء الأرضي بين عامي 1998 و2008، بما في ذلك عمليات التوسع أو التراجع، والمعبر عنها بالهكتار.

4- إنشاء خريطة الانتقالية المسؤولة عن توجيه الخطوة التالية في النمذجة، حيث تركز على نمذجة إمكانات الانتقال بين فئات استخدام الأراضي المختلفة، كونها الأساس لتطبيق نموذج الشبكات العصبية المتعددة الطبقات (MLP). يعمل نموذج MLP على أساس جمع متغيرات المدخلات، مسترشداً بمعايير إضافية يقدمها المستخدم بهدف تحقيق المستوى الأمثل من التدريب للحصول على أكثر النتائج موثوقية فيما يتعلق بسيناريو استخدام الأراضي/الغطاء الأرضي للفترة المستهدفة؛

5- تم اعتماد منهجية التجربة والخطأ في تعديل المعايير (parameters) خلال الخطوة الرابعة من عملية النمذجة، للحصول على المعايير المثلى التالية: معدل التكرار: 1000، معدل التعلم: 0,001، الزخم: 0,05، حجم الجوار: 1 بكسل، عدد الطبقات المخفية: 10. باستخدام هذه المعايير المثلى في نموذج MLP⁶، تم إجراء مرحلة المحاكاة للتنبؤ بسيناريو استخدام الأراضي/الغطاء الأرضي لعام 2020 للمنطقة الدراسة.

⁶ نماذج MLP (الشبكات العصبية المتعددة الطبقات) هي شبكات عصبية اصطناعية تتكون من طبقات مخفية بين المدخلات والمخرجات. تستخدم خوارزمية التعلم الخلفي للتدريب. تتميز بقدرتها على تعلم العلاقات المعقدة غير الخطية في البيانات، مما يجعلها مناسبة لتطبيقات تعلم الآلة مثل التصنيف والتنبؤ وتحليل البيانات الضخمة. في نمذجة استخدام الأراضي، تُستخدم نماذج MLP لإنشاء خرائط انتقالية توضح إمكانية انتقال الخلايا بين فئات الاستخدام، محاكية التغيرات المستقبلية. لذلك تعتبر أداة قوية للنمذجة والتنبؤ بسيناريوهات استخدام الأراضي.

6- في الأخير، تم مقارنة خريطة التنبؤ بالخريطة الحقيقية لسنة 2020، بالاعتماد على كل من معامل Overall Kappa، وإجمالي الدقة.

2. محاكاة السيناريوهات المستقبلية:

تعتبر محاكاة السيناريوهات المستقبلية عملية استباقية تتيح فرصة تقييم نقاط القوة والضعف لكل سيناريو محتمل. تمكن هذه العملية من توفير الوقت اللازم لإعادة تقييم القرارات وتعديل المخططات من قبل صانعي القرار، بما يتماشى مع متطلبات القوانين العمرانية الرامية إلى الحفاظ على البيئة وتحقيق التوازن في الجوانب الاجتماعية والاقتصادية. تعرف محاكاة السيناريوهات بأنها عملية تحليل التطور المستقبلي المحتمل للمنطقة الحضرية من خلال دراسة النتائج البديلة المحتملة. كما تعتبر أداة لموازنة التغييرات في استخدام الأراضي مع النمو المستدام، ودراسة الأنماط المكانية الناشئة للسيناريوهات المختلفة، وتيسير عملية اتخاذ القرارات المتعلقة بالتخطيط العمراني.

1.2. تحديد السيناريوهات:

ينبغي أن يستند تصميم السيناريوهات إلى المعايير السابق ذكرها في الإطار النظري وأن يرتبط ارتباطاً وثيقاً بالتحديات الحالية التي تواجه صناع القرار والمخططين الذين يعالجون المسألة الرئيسية، فضلاً عن مراعات اتجاه التوسع العمراني التاريخي.

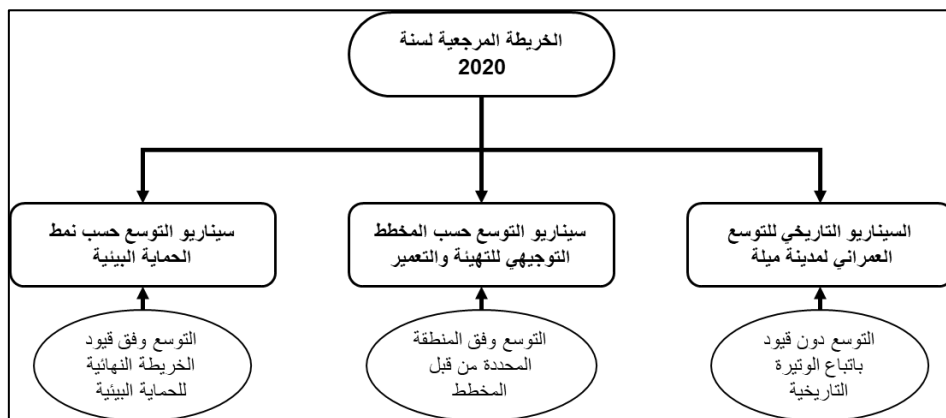
في السنوات الأخيرة، كان هناك اهتمام متزايد بتطوير شكل حضري مستدام. ومن الضروري تحقيق تطور مدمج من أجل تحسين الاستدامة. على الرغم من وجود اتفاق قوي في هذا الباب، إلا أن الجدل بين المدينة المدمجة والمدينة الزاحفة لم يتوقف أبداً، فقد تم التطرق إلى مختلف الآثار الإيجابية والسلبية لكل نوع من المدن، إلا أن الاختيار بينهما يرجع مباشرة إلى تأثير المدينة بمختلف العوامل الطبيعية، الاقتصادية والاجتماعية. من أجل تقديم نظرة على استراتيجيات التنمية الحضرية المختلفة، قمنا بوضع ثلاث سيناريوهات محتملة للتوسع العمراني لمدينة ميله انطلاقاً من السنة المرجعية 2020 حيث تم تسمية كل سيناريو وفقاً للهدف منه (شكل رقم 24).

1. سيناريو التوسع العادي (النمط التاريخي): يفترض أن النمو الحضري في المستقبل يتبع الاتجاه التاريخي دون أي تعديل عندما تكون الظروف البيئية والتنموية مماثلة لتلك التي لوحظت في البيانات التاريخية، ودون فرض أي قيود تحدد اتجاهات التوسع. يعتمد تحديد كمية استهلاك الأرض في هذا السيناريو على الاستهلاك في الفترة بين 2008-2020 لفترة 12 سنة، والفترة بين 1998-2020 لفترة 22 سنة.

2. سيناريو التوسع حسب المخطط التوجيهي للتهيئة والتعمير لبلدية ميله، زغاية، سيدي مروان وعين التين: يفترض هذا السيناريو أن التوسع العمراني المستقبلي للمدينة سيتبع بدقة التوجيهات الواردة في المخطط الرئيسي لتهيئة المدينة وتعميرها. حيث يحدد المخطط التوجيهي للتهيئة والتعمير الأراضي المخصصة للتوسع العمراني على المدى المتوسط والبعيد، متضمناً الإطار التنظيمي القانوني لاستخدامات الأراضي في المستقبل. ينص المخطط نظرياً على حماية الأراضي الزراعية وتثبيط التنمية الحضرية في المناطق الحساسة بيئياً، بالإضافة إلى تحقيق تنمية متوازنة. إلا أن التطبيق العملي لهذا المخطط يخضع للتأثير المباشر لعوامل مثل ملكية الأراضي، حيث يتم توجيه التوسع العمراني نحو الأراضي التابعة للدولة بشكل أساسي. يوفر هذا السيناريو فهماً أعمق لدور التخطيط العمراني في توجيه التوسع الحضري، كما يتيح إمكانية تقييم خيارات التوسع المستقبلية وفقاً لمبادئ المخطط التوجيهي للتهيئة والتعمير. يتم تحديد استهلاك الأرض وفق تقديرات المخطط للمدى المتوسط والبعيد.

3. التوسع وفق نمط الحماية البيئية: يفترض سيناريو التوسع العمراني في هذه الحالة الحد الأدنى من الحماية البيئية، حيث تعتبر المناطق الحساسة بيئياً ممنوعة للتعمير. تمثل هذه المناطق الموارد البيئية الرئيسية، والمتمثلة في المناطق المشجرة والأراضي الزراعية البعيدة نسبياً عن الحدود العمرانية لعام 2020، بالإضافة إلى المناطق المعرضة للمخاطر الطبيعية. يهدف هذا السيناريو إلى تحقيق التوازن بين تلبية الاحتياجات الاجتماعية والاقتصادية للسكان من خلال تحديد استهلاك الأراضي وفقاً لتقديرات المخطط التوجيهي للتهيئة والتعمير، وبين حماية البيئة والسكان وفقاً لمعايير نمط الحماية الجيولوجية، ونمط حماية المياه، ونمط الحماية البيئية.

الشكل رقم 24: السيناريوهات المختلفة لتوسع مدينة ميله مستقبلاً.



2.2. تقييم ومقارنة السيناريوهات:

يمكن أن تساعد عملية تقييم ومقارنة السيناريوهات في عملية اتخاذ القرار وتحديد السيناريو الأمثل للتوسع المستقبلي لمدينة ميلة، حيث يمثل أكثر السيناريوهات تحقيقاً للتوازن بين الجانب الاجتماعي والاقتصادي والبيئي. اعتمدنا في هذه الدراسة على جانبين يتمثلان في وتيرة التوسع والشكل العمراني لإجراء عملية التقييم والمقارنة.

لحساب وتيرة التوسع العمراني المستقبلي لمدينة ميلة استعملنا كل من كمية ونسبة التوسع لمعرفة حجم التوسع، بالإضافة إلى معدل متوسط التوسع السنوي لتقييم السرعة (تم كتابة معادلته في جزء سابق)، تكتب معادلة نسبة التوسع على الشكل التالي:

$$UEP = \frac{UA_{t2} - UA_{t1}}{UA_{t1}} \times 100$$

لمقارنة وتقييم الشكل العمراني استعملنا مجموعة من المقاييس المجالية المتمثلة في: PD، LPI، SHAPE_MN و CONTAG. يعمل مقياس كثافة البقع (PD) على قياس تجزئة المجال العمراني، حيث أن ارتفاع قيمته تشير إلى الزيادة في عدد البقع وبالتالي الزيادة في تجزئة المجال العمراني. يمثل مقياس أكبر بقعة (LPI) هو الأخر مؤشراً قوياً على مدى اندماج المجال العمراني، حيث أن اقترابه من 100 دلالة على أن المجال العمراني يتكون من رقعة كبيرة واحدة. تم التطرق إلى هذين المقياسين بالتفصيل في الجزء السابق المتعلق بقياس أنماط التوسع العمراني.

يتمحور مبدأ عمل متوسط مؤشر الشكل SHAPE_MN على قياس مدى تعقيد الشكل العمراني من خلال مقارنته مع شكل المربع، يكون الشكل العمراني عبارة عن مربع إذا كانت قيمة المقياس 1، ويزيد تعقيد الشكل العمراني كلما زادت القيمة عن 1 (McGarigal & Marks, 1995, p. 109). تكتب معادلته كالتالي:

$$SHAPE_MN = \text{mean} (SHAPE [patch_{ij}])$$

حيث $SHAPE [patch_{ij}]$ هو مؤشر الشكل لكل رقعة.

مؤشر العدوى (CONTAG) يقيس مدى تجمع وتجاور وحدات البكسل من نفس الفئة في المناظر الطبيعية. فكلما ارتفع مؤشر العدوى، دل ذلك على وجود بقع كبيرة ومتجاورة من فئة واحدة، بينما ينخفض هذا المؤشر عند تجزؤ الفئات إلى بقع صغيرة ومتناثرة. لذا يعكس مؤشر العدوى المرتفع تجانس المناظر الطبيعية، أما المنخفض فيعني تجزئتها وعدم تجانسها. يمكن تطبيقه على المناطق الحضرية، حيث يرتفع

عند اندماجها وينخفض عند تجزئتها (McGarigal & Marks, 1995, p. 121). تكتب معادلته على الشكل التالي:

$$CONTAG = \left[1 + \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^m \left[(P_i) \left(\frac{g_{iK}}{\sum_{k=1}^m g_{iK}} \right) \right] \circ \left[\ln(P_i) \left(\frac{g_{iK}}{\sum_{k=1}^m g_{iK}} \right) \right]}{2 \ln(m)} \right] \quad (100)$$

مؤشر العدوى (CONTAG) هو مقياس لدرجة اختلاط وتجاور وحدات البكسل (الخلايا) من أنواع البقع المختلفة في المناظر الطبيعية. عندما يكون التوزيع غير متجانس، بحيث تتجمع بعض أنواع البقع معا أكثر من غيرها، يقترب CONTAG من 0.

عندما يكون التوزيع متجانسًا تمامًا، بحيث تكون جميع أنواع البقع متجاورة ومتداخلة بالتساوي. $100=CONTAG$

لذلك يعتبر CONTAG مؤشرًا على درجة تجانس وتجاور المناظر الطبيعية، حيث يرتفع عند التجانس ويقل عند عدم التجانس.

خلاصة المحور:

تطرقنا من خلال هذا المحور إلى طريقة بناء نموذج محاكاة للتوسع العمراني باستخدام تقنية الأوتوماتا الخلية (CA) المعززة بالشبكات العصبية الاصطناعية (ANN). تعتمد المنهجية المتبعة على تحديد قواعد الانتقال، التي تشكل الأساس لنجاح النموذج، من خلال تحليل العلاقة بين حالة كل خلية وحالات الخلايا المجاورة، مما يعكس التأثيرات الاجتماعية والاقتصادية على التوسع العمراني.

تتضمن الخطوات الرئيسية في بناء النموذج:

- تعريف الفضاء الخلوي.
- تهيئة الحالات.
- تدريب قواعد الانتقال.
- تحديث الحالات الزمنية.

استخدمت الدراسة ملحق MOLUSCE في برنامج QGIS لوضع سيناريوهات استخدام الأراضي المستقبلية لمدينة ميله لسنتي 2032 و2042. حيث تم التركيز على إعداد البيانات بدقة لتقادي أي تناقضات قد تؤثر على النتائج.

تم تحديد ثلاث سيناريوهات مستقبلية: التوسع العادي، التوسع حسب المخطط التوجيهي للتهيئة والتعمير، والتوسع وفق نمط الحماية البيئية. كل سيناريو تم تصميمه بناءً على معايير محددة، مع الأخذ بعين الاعتبار التحديات الحالية وبيانات تاريخية.

أخيراً، تم تقييم السيناريوهات باستخدام مقاييس مختلفة لتحديد الخيار الأمثل، مع التركيز على وتيرة التوسع والشكل العمراني، مما يوفر إطاراً قوياً لصنع القرار في مجال التخطيط العمراني المستدام.

خلاصة الفصل:

يعتبر هذا الفصل القاعدة الانتقالية بين الجانب النظري والجانب التطبيقي. فمن خلاله حددنا ما يلي:

1. أن بيانات الاستشعار عن بعد تتطلب معالجة خاصة باستعمال تقنيات مناسبة للوصول إلى النتائج المرغوبة. فمن خلال تقييم العديد من الطرق اخترنا طريقة الجمع بين المؤشرات الطيفية لتحديد نقاط التدريب، ثم باستعمال التصنيف الموجه الذي يعتمد على تقنية الإمكان الأعظم قمنا بتصنيف المرئيات الفضائية.
2. لتحديد التغير في الغطاء الأرضي استعملنا طريقة كشف التغير الممثلة بتقنية مقارنة ما بعد التصنيف، التي تتضمن نتائج تصنيف مستقلة لكل نهاية فترة زمنية ذات أهمية، متبوعة بمقارنة مقطع تلو الآخر أو بكسل ببيكسل لاكتشاف تغييرات الغطاء الأرضي، تتمثل مخرجات استعمال التقنية في إنشاء مصفوفة متقاطعة ذات اتجاهين كما تنتج خريطة موضوعية تحتوي على معلومات التغير من فترة زمنية سابقة إلى فترة لاحقة.
3. باستعمال مجموعة من المؤشرات المتمثلة في: مؤشر توسع المشهد الطبيعي (LEI)، متوسط معدل التوسع العمراني السنوي (AUER)، مؤشر كثافة التوسع العمراني (UEII)، ومؤشر تمايز التوسع العمراني (UEDI)، قمنا بتحديد الخصائص الزمانية والمكانية للتوسع العمراني. تعمل هذه المؤشرات على قياس شكل، وتيرة، شدة واتجاهات التوسع العمراني لمدينة ميله. تم اختيارها لعلاقتها المباشرة بأهداف البحث والأسئلة المطروحة.
4. بعد ذلك، اعتمدنا في تحديد الأنماط المكانية للتوسع العمراني على مجموعة من المقاييس المجالية التي أثبتت أهميتها في مراجعة الأدبيات السابقة. تعمل هذه المقاييس على تحديد أنماط التوسع العمراني من خلال اظهار التوزيع المجالي للبقع الحضرية الجديدة وتحديد ارتباطها بالبقع القديمة. تساعدنا هذه الطريقة على فهم التأثيرات المباشرة لمختلف العوامل على عملية التوسع العمراني وتفسير النتائج المتوصل إليها.
5. اخترنا الاعتماد على نموذج الانحدار اللوجيستي كأداة للتحقق من العلاقة بين التوسع العمراني ومحدداته. يرجع سبب الاختيار إلى أفضلية النموذج في إظهار قوة العلاقة بين التوسع العمراني وعوامله الدافعة من جهة، وقدرته على تحديد اتجاه العلاقة بينهما (طردي، عكسية). بالإضافة إلى ذلك، يمكن تفسير نتائجه بسهولة.
6. وفي الأخير، لنمذجة السيناريوهات المستقبلية للتوسع العمراني لمدينة ميله، اخترنا النموذج الهجين الذي يعتمد على خلايا الأوتوماتا والشبكات العصبية الاصطناعية. يتميز هذا النموذج بقدرته

العالية على التعلم والتكيف من خلال اكتشاف الأنماط المكانية للتوسع العمراني التاريخي وبناء قواعد الانتقال التي تعتبر القاعدة الأساسية في النمذجة باستعمال خلايا الأوتوماتا. تطلب هذا النموذج العديد من التجارب لمعايرته.

7. تم اختيار ثلاث سيناريوهات للتوسع العمراني تتمثل في:

- سيناريو التوسع العادي: أي أن التوسع العمراني للمدينة يعتمد بشكل مباشر على حجم وعوامل التوسع تاريخيا دون وجود أي قيود أو تدخل.
- سيناريو التوسع حسب المخطط التوجيهي للتهيئة والتعمير: يستعمل هذا السيناريو السياسة العمرانية المتبعة في المخطط لتحديد اتجاهات وحجم التوسع، ويخضع للقيود المفروضة من المخطط.
- سيناريو التوسع حسب نمط الحماية البيئية: يهدف اختيار هذا السيناريو إلى تحقيق التوازن بين سلبيات السيناريوهات السابقة الذكر، حيث يسعى إلى المحافظة على المصادر البيئية وحماية السكان من الأخطار، كما يلبي الاحتياجات الاجتماعية والاقتصادية للسكان.

تم الاستقرار على هذه الخيارات بعد تقييم شامل لعدد كبير من التقنيات، حيث قمنا بقياس دقتها واختلافاتها، بالإضافة إلى مراجعة الدراسات السابقة لتحديد نقاط القوة والضعف لكل تقنية والهدف من استخدامها. كما تم بناء هذه المنهجية نظرا لارتباطها المباشر بأسئلة البحث والإجابة عليها. سيتم عرض النتائج المتوصل إليها من خلال تطبيق هذه الأساليب والتقنيات في الفصل الرابع.

الفصل الرابع: النتائج والمناقشة.

مقدمة الفصل:

سيناقش في هذا الفصل النتائج الرئيسية لدراستنا الشاملة حول محددات التوسع العمراني والخيارات البديلة في مدينة ميله، مستندين إلى المنهجيات والأساليب التي تم توضيحها في الأجزاء السابقة مع مقارنتها بالتحقيقات الميدانية والمقابلات التي أجريت مع الفاعلين في المجال كمديرية الفلاحية، الموارد المائية، الغابات، التعمير ومصالح بلدية ميله، ومكاتب الدراسات. سنقوم بعرض وتحليل النتائج المستخلصة في أربع محاور رئيسية:

في المحور الأول، سنعرض نتائج تطبيق تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية (GIS) في دراسة التوسع العمراني. سنقدم نتائج تصنيف الصور الفضائية باستخدام نظام أندرسون المعدل، والذي مكننا من تحديد أربع فئات رئيسية للغطاء الأرضي. سنعرض أيضاً نتائج كشف التغيرات في الغطاء الأرضي عبر الزمن، مع تحليل مفصل لخصائص التوسع العمراني باستخدام مؤشرات متنوعة مثل LEI، AUER، UEII، و UEDI. بالإضافة إلى ذلك، سنقدم تحليلاً للنماذج المكانية للتوسع العمراني باستخدام برنامج Fragstats 4، مما سيوفر لنا فهماً عميقاً لديناميكيات التوسع العمراني من جوانب متعددة.

في المحور الثاني، سنستعرض نتائج تطبيق نموذج الانحدار اللوجستي الثنائي لفهم العوامل المؤثرة في التوسع العمراني في مدينة ميله. سنقدم تحليلاً مفصلاً للعلاقة بين التوسع العمراني والمتغيرات المستقلة التسعة التي تم دمجها في النموذج. سنعرض أيضاً نتائج تقييم أداء النموذج باستخدام منحنى ROC والمساحة تحت المنحنى (AUC)، مما سيوفر تقييماً دقيقاً لقدرة النموذج على التنبؤ بالتوسع العمراني.

في المحور الثالث، سنقدم نتائج تطوير وتطبيق نموذج الخلايا الآلية (CA) المتقدم للتنبؤ بالتوسع العمراني المستقبلي. سنعرض كيف تمكنا من دمج مجموعة متنوعة من العوامل المؤثرة في التوسع الحضري، مع مراعاة ارتباطه الوثيق بأنظمة صنع القرار. سنقدم أيضاً تقييماً لفعالية طريقة المعايرة الهجينة المستخدمة في بناء النموذج.

أخيراً، في المحور الرابع، سيتم مناقشة النتائج المتوصل إليها بالمقارنة مع نتائج الدراسات السابقة. كما يهدف هذا المحور إلى ربط التفسيرات الكيفية بالنتائج الكمية لتحقيق الفهم الكامل لديناميكية التوسع العمراني في مدينة ميله.

المحور الأول: تغير الغطاء الأرضي.

مقدمة المحور:

يتمثل الهدف الأساسي من القيام بتحليل الغطاء الأرضي في تحديد استعمالات الأرض المختلفة واستخراج المنطقة المبنية التي تتمحور حولها دراسة التوسع العمراني لمدينة ميلة في الفترة بين 1987 و2020. تعتمد عملية تحليل الغطاء الأرضي في هذه الدراسة على بيانات الاستشعار عن بعد لتواريخ متعددة كمصدر لتصنيف الغطاء الأرضي لبلدية ميلة كإجراء أولي، كونها الوحدة الأصغر في هرم التهيئة والتعمير في الجزائر. اعتمدنا في عملية كشف التغير على طريقة مقارنة ما بعد التصنيف لاكتشاف التغيرات في الغطاء الأرضي بين التواريخ المحددة في الدراسة.

يمثل التوسع العمراني أحد أبرز الظواهر التي تعكس ديناميكية نمو المدن، حيث يتأثر بمجموعة من العوامل الطبيعية والاجتماعية والاقتصادية. في هذا الجزء، سنتناول التحليل الزمني والمكاني لتوسع مدينة ميلة خلال الفترة من 1987 إلى 2020، مع التركيز على نطاق يمتد لخمس كيلومترات ونصف من مركز المدينة. سنستعرض مقدار التوسع ونوعه، بالإضافة إلى وتيرة هذا التوسع واتجاهاته المختلفة.

تم استخدام برنامج ArcGIS كأداة رئيسية للتحليل، حيث تم استخراج البيانات المتعلقة بالمناطق المبنية وغير المبنية في السنوات المحددة، مع تقسيم المنطقة إلى أقسام تعكس الاتجاهات الجغرافية الأساسية. سيمكننا هذا التحليل من فهم أفضل لكيفية تأثير العوامل المختلفة على التوسع العمراني، مما يسهم في رسم صورة شاملة عن التطورات التي شهدتها مدينة ميلة على مدى العقود الثلاثة الماضية.

سيتم تقديم تحليل معدل التوسع العمراني السنوي، وتوزيع شدة التوسع حسب المناطق، بالإضافة إلى دراسة الخصائص المكانية لأنماط التوسع، مما يساعد على تحديد النقاط الساخنة للتوسع وخصائصه المتنوعة. من خلال هذا التحليل، نهدف إلى تقديم رؤى عميقة تعكس واقع التوسع العمراني في ميلة، وتسلط الضوء على التحديات والفرص التي تواجهها المدينة في مسارها نحو التنمية المستدامة

1. تصنيف الغطاء الأرضي:

تم تصنيف الغطاء الأرضي لبلدية ميله لأربعة أصناف، المتمثلة في: الغطاء النباتي، الأرض الجرداء، المنطقة المبنية والمياه. لاستخراج العناصر الأساسية للغطاء الأرضي استعملنا مجموعة من المؤشرات الطيفية التي تشمل كل من (IBI) لاستخراج العناصر المبنية، (MNDWI) لاستخراج طبقة المياه و(SAVI) لتحديد الغطاء النباتي. تم استعمال (SAVI) نظراً لأفضليته في استخراج بيانات الغطاء النباتي المنخفض الكثافة عكس (NDVI).

الهدف من استعمال مؤشر (SAVI) هو التخلص من انعكاس التربة التي تؤثر على قيم الغطاء النباتي، خاصة وأن الأراضي الزراعية في بلدية ميله تحتل الجزء الأكبر من المساحة، وتتميز بزراعة المحاصيل الكبرى والتي تتطلب إراحة التربة من فترة إلى أخرى للحفاظ على جودتها، وبالتالي فإن نسبة الضوء المنعكس من التربة يكون مرتفع.

كما هو الحال مع الغطاء النباتي والتربة، فاستخراج البيانات التي تعبر عن المسطحات المائية مع تواجد المناطق المبنية مباشرة يؤدي إلى حدوث خطأ في التصنيف نتيجة لاختلاط البكسلات، وبالتالي فاستعمال مؤشر (MNDWI) الذي يهدف لعزل بيانات المسطحات المائية عن باقي أصناف الغطاء الأرضي، حيث يعزز التباين بينها عكس استخراجها مباشرة من المرئيات الفضائية.

بالنسبة لبيانات المنطقة المبنية فقد تم استخراجها بالاعتماد على مؤشر (IBI) الذي يتميز بكونه يعتمد على عزل المنطقة المبنية عن الغطاء النباتي والمياه كما يفرق بين المنطقة المبنية والأراضي الجرداء، وبالتالي يرفع من دقة التصنيف بشكل كبير.

بعد تطبيق هذه المؤشرات نتجت ثلاث صور تعبر كل منها عن نوع أساسي من الغطاء الأرضي. بدمج هذه الصور تحصلنا على مصدر بيانات محسن وأكثر دقة مكون من ثلاث نطاقات بدل الصور السابقة التي تتضمن سبع نطاقات، وبالتالي قللنا من احتمالية اختلاط البكسلات.

في الأخير، قمنا بتطبيق التصنيف الموجه بالاعتماد على تقنية تصنيف الاحتمال الأقصى. نتج عنها أربع أصناف للغطاء الأرضي، والمتمثلة في: المنطقة المبنية، الغطاء النباتي، الأراضي الجرداء والمياه لكل من السنوات 1987، 1998، 2008 و2020. تم تلخيص النتائج في الجدول رقم 19.

جدول رقم 19: النسب المئوية لأصناف الغطاء الأرضي لبلدية ميله في الفترة بين 1987-2020.

2020		2008		1998		1987		السنة
%	هكتار	%	هكتار	%	هكتار	%	هكتار	
57,56	7491,111	47,49	6181,183	52,66	6854,156	57,96	7543,313	غطاء نباتي
29,23	3804,57	43,99	5725,595	41,20	5362,774	39,99	5204,285	أرض قاحلة
3,57	464,515	2,44	317,2037	0,26	33,850	0,23	29,674	مياه
9,62	1252,568	6,05	787,5275	4,75	618,4118	2,06	268,062	منطقة مبنية

المصدر: أنجز من طرف الباحث.

خلال سنة 1987 لاحظنا هيمنة الغطاء النباتي على المساحة الكلية للبلدية بنسبة 58%، بالإضافة إلى الأراضي الجرداء التي تمثل 40%، فيما تحتل المنطقة المبنية جزء بسيط قدر بـ 02%، أما المياه فشملت نسبة شبه منعدمة قدرت بـ 0,23%.

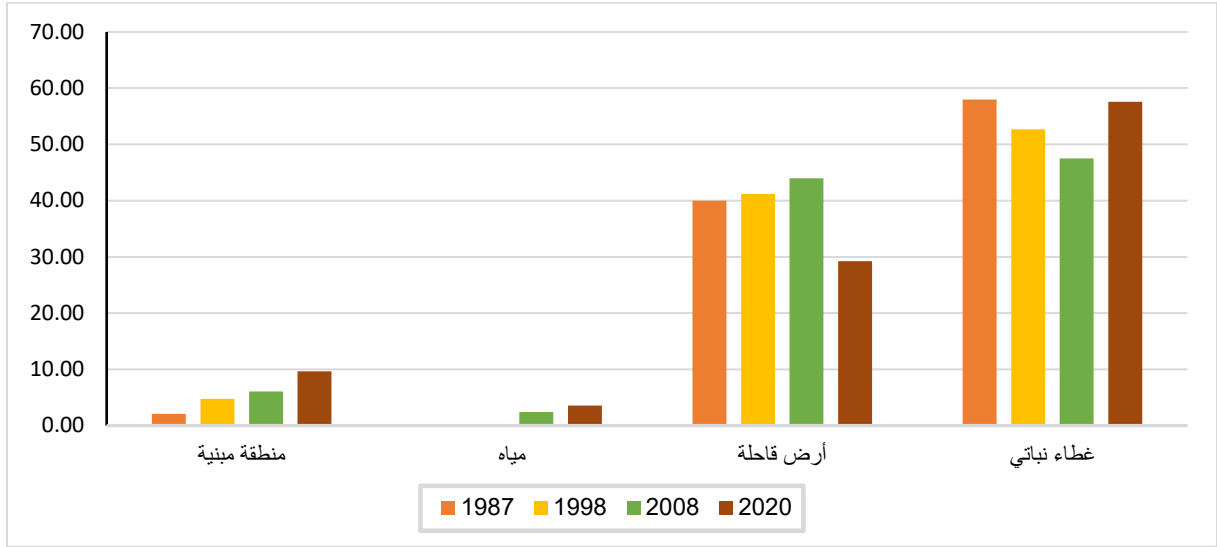
انخفضت نسبة الغطاء النباتي تقريبا بـ 06% سنة 1998 أي ما يعادل 689هـ، في حين أن نسبة الأراضي الجرداء عرفت زيادة بسيطة قدرت بـ 01%، كما تضاعفت نسبة المنطقة المبنية حيث بلغت الزيادة في مساحتها 350هـ، أما نسبة المياه فعرفت زيادة طفيفة.

استمرت نسبة الغطاء النباتي في الانخفاض سنة 2008 حيث بلغت أدنى مستوياتها في فترة الدراسة بـ 47%، وعلى عكسها استمر ارتفاع نسبة الأراضي الجرداء لتبلغ 44% كأعلى نسبة لها في فترة الدراسة، كما نلاحظ تباطؤ في وتيرة تطور المنطقة المبنية التي توسعت بـ 169هـ عكس الفترة السابقة التي عرفت زيادة أكبر، كما ارتفعت نسبة المياه في منطقة الدراسة بـ 02%.

في سنة 2020 استعاد الغطاء النباتي مساحته التي تناقصت منذ سنة 1987 حيث بلغت نسبته مجددا 57%، لتتخف نسبة الأراضي الجرداء أول مرة منذ بداية الدراسة إلى 29%، في حين أن نسبة المنطقة المبنية استمرت في الزيادة حيث بلغت 9,6% أي بمساحة 1252هـ، بالإضافة إلى الزيادة في مساحة المياه التي بلغت 464هـ كأعلى مستوى لها. يلخص الشكل رقم 25 النسب المئوية لأصناف الغطاء الأرضي لبلدية ميله في الفترة بين 1987-2020.

من خلال ما سبق يمكننا القول أن التوسع العمراني للمدينة نتيجة لتلبية الطلب المتزايد على مختلف الأصعدة، شكل ضغطا على البيئية والموارد الطبيعية المحيطة بالمدينة.

الشكل رقم 25: النسب المئوية لأصناف الغطاء الأرضي لبلدية ميلا في الفترة بين 1987-2020.



المصدر: أنجز من طرف الباحث.

2. تقييم دقة التصنيف:

تعتبر هذه المرحلة من بين أهم المراحل، حيث قمنا من خلالها بالمقارنة بين نتائج التصنيف والغطاء الأرضي الحقيقي، تهدف هذه العملية لتقييم نتائج التصنيف لمعرفة مدى قابليتها لتطبيق مختلف التحاليل. تم تقييم منهجية التصنيف المطبقة في الدراسة التي اعتمدت على المؤشرات الطيفية وتصنيف الاحتمال الأقصى، باستخدام 100 عينة لكل صورة لتقييم الدقة. يعرض الجدول رقم 20 الدقة الإجمالية لتصنيف صور الأقمار الصناعية، والتي تظهر دقة عالية.

جدول رقم 20: نتائج تقييم دقة التصنيف.

2020		2008		1998		1987		صنف استعمال الأرض
دقة المنتج المستخدم %	دقة المستخدم %	دقة المنتج %	دقة المستخدم %	دقة المنتج %	دقة المستخدم %	دقة المنتج %		
97	91	98	92	97	90	96	93	غطاء نباتي
78	86	90	90	79	87	88	89	أرض جرداء
100	100	100	100	92	90	93	91	مياه
83	100	63	100	81	95	89	94	منطقة مبنية
91		92		89		91		الدقة الإجمالية

المصدر: أنجز من طرف الباحث.

تظهر نتائج التصنيف مدى قدرة المنهجية المستعملة في تحديد الغطاء الأرضي من خلال صور القمر الصناعي Landsat. تعتبر نتائج تقييم الدقة مقبولة لاستكمال تحليلات الدراسة، وذلك لتخطيها الحد الأدنى للدقة الإجمالية المحدد بـ 85% كما سبق وذكرت (Bhatta, 2010, p. 127).

3. تغير الغطاء الأرضي لبلدية ميله في الفترة بين 1987-2020:

لتقييم نتائج تحولات الغطاء الأرضي، تم الاستعانة بطريقة مقارنة ما بعد التصنيف لاكتشاف التغيير باستخدام تطبيق Arc Map الموجود في برنامج ArcGis 10.8. تم استخدام طريقة الجدولة المتقاطعة لتحديد التحولات بين أصناف الغطاء الأرضي. تُظهر مصفوفات تغييرات الغطاء الأرضي خلال فترة الدراسة ملخصًا للتحولات الرئيسية للغطاء الأرضي (الجدول رقم 21).

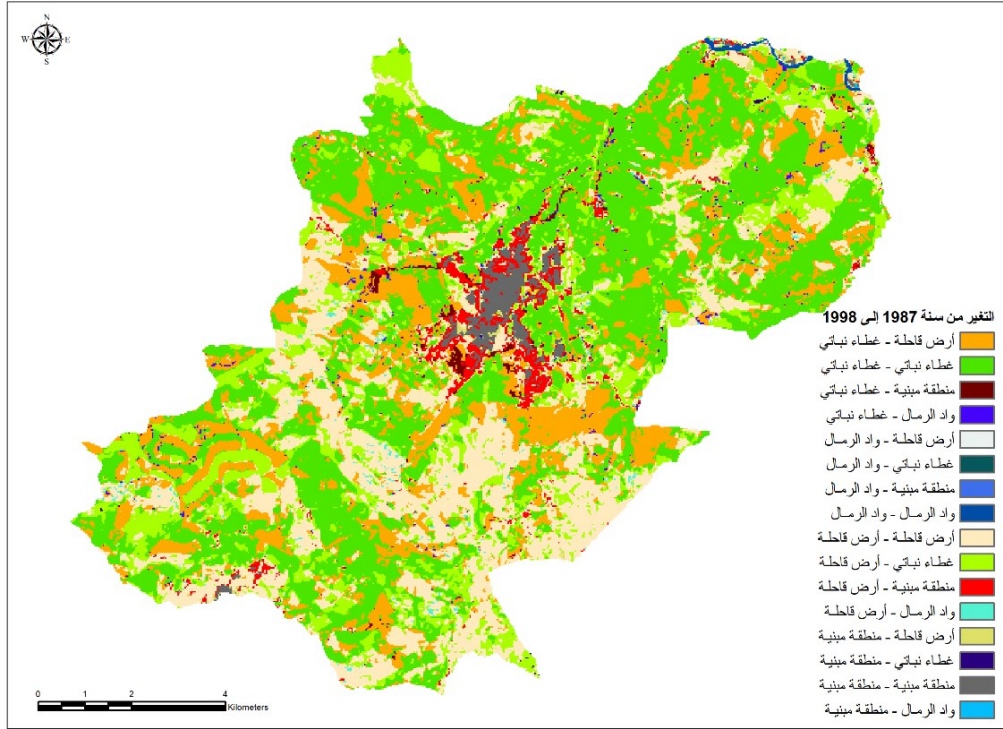
تغير الغطاء الأرضي لبلدية ميله في الفترة بين 1987-2020 بنسبة 22%، أي أن 2879 هـ تغيرت مرة أو أكثر من أصل 13060 هـ (مساحة البلدية). فمن خلال ملاحظة الخرائط من رقم 9 إلى 11، نستنتج أن أكبر كمية لتغير الغطاء الأرضي بين الغطاء النباتي والأراضي القاحلة في جميع مراحل الدراسة بشكل عكسي، بالإضافة إلى الزيادة المستمرة لكل من مساحة المياه والمنطقة المبنية.

من خلال المقابلة مع مسؤولين من مديرية الفلاحة تم تفسير الأرقام المتحصل عليها من عملية التصنيف حيث بينوا أن المساحة الزراعية الحقيقية لبلدية ميله تفوق 80% من المساحة الإجمالية، إلا أن معظم المساحة تستغل للزراعات الواسعة التي تستوجب نظام المداولة في إنتاج المحاصيل ولذلك فإن مساحة الأرض الجرداء توازي مساحة الغطاء النباتي، إلا أنه في الحقيقة فإن مساحة الأراضي الجرداء في بلدية ميله لا تتعدى 10% من المساحة الإجمالية.

فمن خلال نتائج الدراسة (الجدول رقم 20) فقد كل من الغطاء النباتي والأراضي القاحلة ما مقداره 7,14% من مساحتهما أي 1400 هـ في الفترة بين 1987-2020، توزعت هذه المساحة المفقودة على كل من المنطقة المبنية بما يعادل 984,31 هـ أي 70% من المساحة المفقودة، حصل هذا التغير عبر تحول الغطاء النباتي والأراضي القاحلة إلى أرض حضرية والتي في أغلبها تمثل أراضي زراعية، بالإضافة إلى 30% من المساحة تحولت إلى مياه سد بني هارون وهذا ما تم تأكيده مع مديرية الموارد المائية لبلدية ميله.

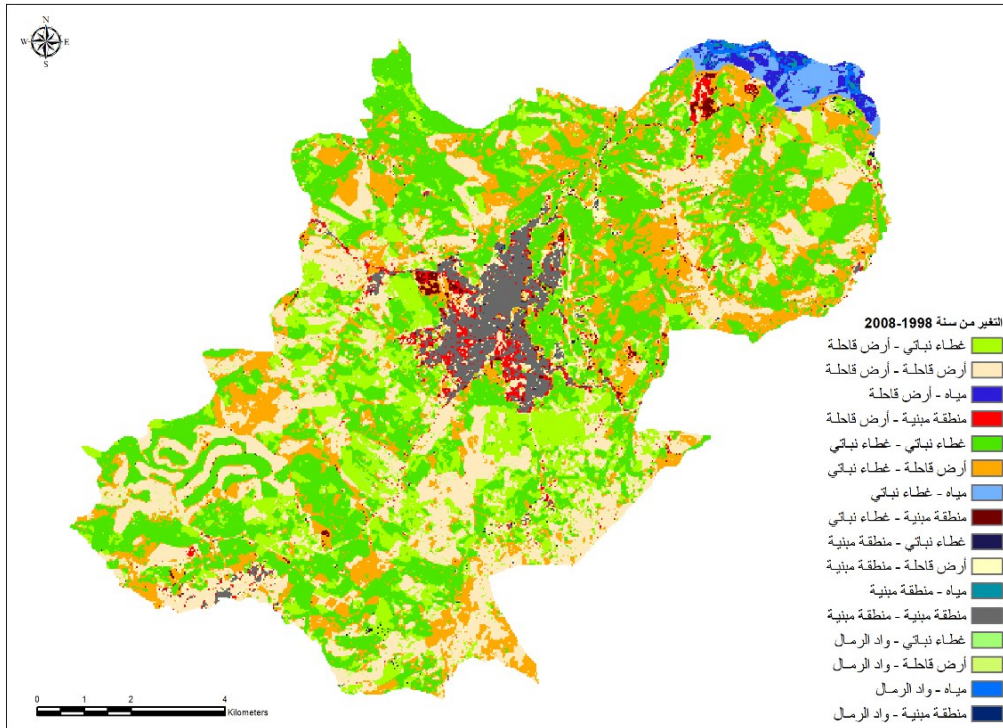
من خلال هذه النتائج يمكننا القول أن الزيادة في المساحة العمرانية أثرت بشكل سلبي على الجانب البيئي والاقتصادي للبلدية، حيث تسببت في فقدان كمية كبيرة من الأراضي الزراعية.

خريطة رقم 9: تصنيف الغطاء الأرضي لبلدية ميلة بين 1987-1998.



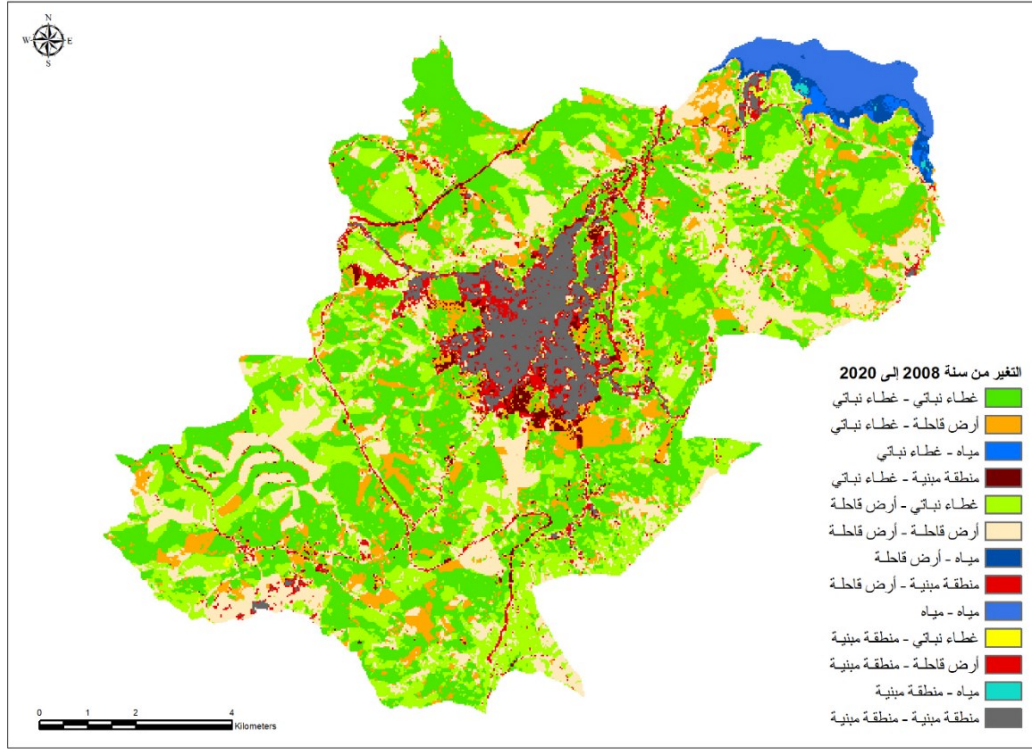
المصدر: المصدر: أنجز من طرف الباحث بالاستعمال بيانات القمر الصناعي Landsat 5.

خريطة رقم 10: تصنيف الغطاء الأرضي لبلدية ميلة بين 1998-2008.



المصدر: المصدر: أنجز من طرف الباحث بالاستعمال بيانات القمر الصناعي Landsat 5.

خريطة رقم 11: تصنيف الغطاء الأرضي لبلدية ميلة بين 2008-2020.



المصدر: المصدر: أنجز من طرف الباحث بالاستعمال بيانات القمر الصناعي Landsat 8.

جدول رقم 21: مصفوفة ما بعد التصنيف للغطاء الأرضي لبلدية ميلة.

1987						
المجموع	منطقة مبنية	مياه	أرض قاحلة	غطاء نباتي		1998
6854,16	10,79	4,03	2318,31	4529,54	غطاء نباتي	
5362,77	23,23	3,34	2546,69	2915,92	أرض قاحلة	
33,85	0,05	13,15	10,33	10,32	مياه	
618,41	232,71	9,04	289,06	88,81	منطقة مبنية	
	268,01	29,56	5204,21	7543,34	المجموع	
1998						
المجموع	منطقة مبنية	مياه	أرض قاحلة	غطاء نباتي		2008
6181,18	7,19	1,20	2010,08	4162,67	غطاء نباتي	
5725,59	70,45	12,01	3121,70	2440,42	أرض قاحلة	
317,20	0,79	19,54	156,04	140,81	مياه	

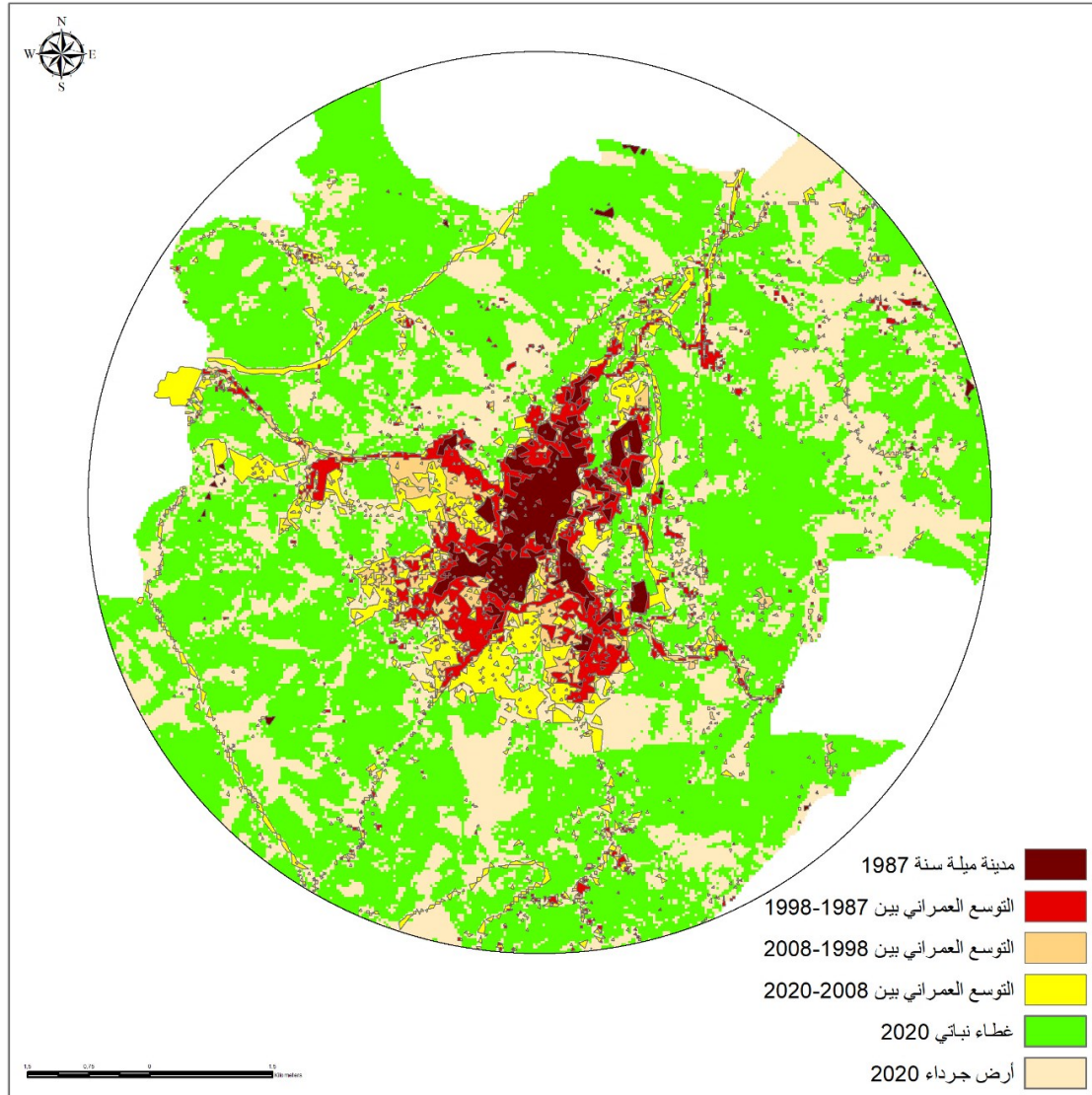
الفصل الرابع: النتائج والمناقشة

787,53	540,02	1,10	75,34	110,28	منطقة مبنية	
	618,41	33,85	5362,77	6854,16	المجموع	
2008						
المجموع	منطقة مبنية	مياه	أرض قاحلة	غطاء نباتي		2020
7491,11	28,00	0,00	2852,76	4608,43	غطاء نباتي	
3804,57	106,35	0,56	2372,06	1318,87	أرض قاحلة	
464,52	8,04	315,89	86,63	53,67	مياه	
1252,57	645,59	1,02	404,40	201,32	منطقة مبنية	
	787,53	317,20	5725,59	6181,18	المجموع	

المصدر: أنجز من طرف الباحث.

توضح الخريطة رقم 12 التوزيع المجالي للمنطقة المبنية داخل حدود الدراسة، حيث يمكننا من خلالها ملاحظة حجم التوسع العمراني وتوزيعه عبر المجال عموماً، إلا أن التحليل البصري للخريطة لا يمكننا تحديد مختلف خصائص التوسع العمراني الذي يتطلب تحليلات متقدمة نستعرضها في خطوات لاحقة.

خريطة رقم 12: التوزيع المجالي للمنطقة المبنية ضمن حدود الدراسة بين 1987-2020.



المصدر: أنجزت من طرف الباحث.

4. الخصائص الزمانية والمكانية للتوسع العمراني لمدينة ميله:

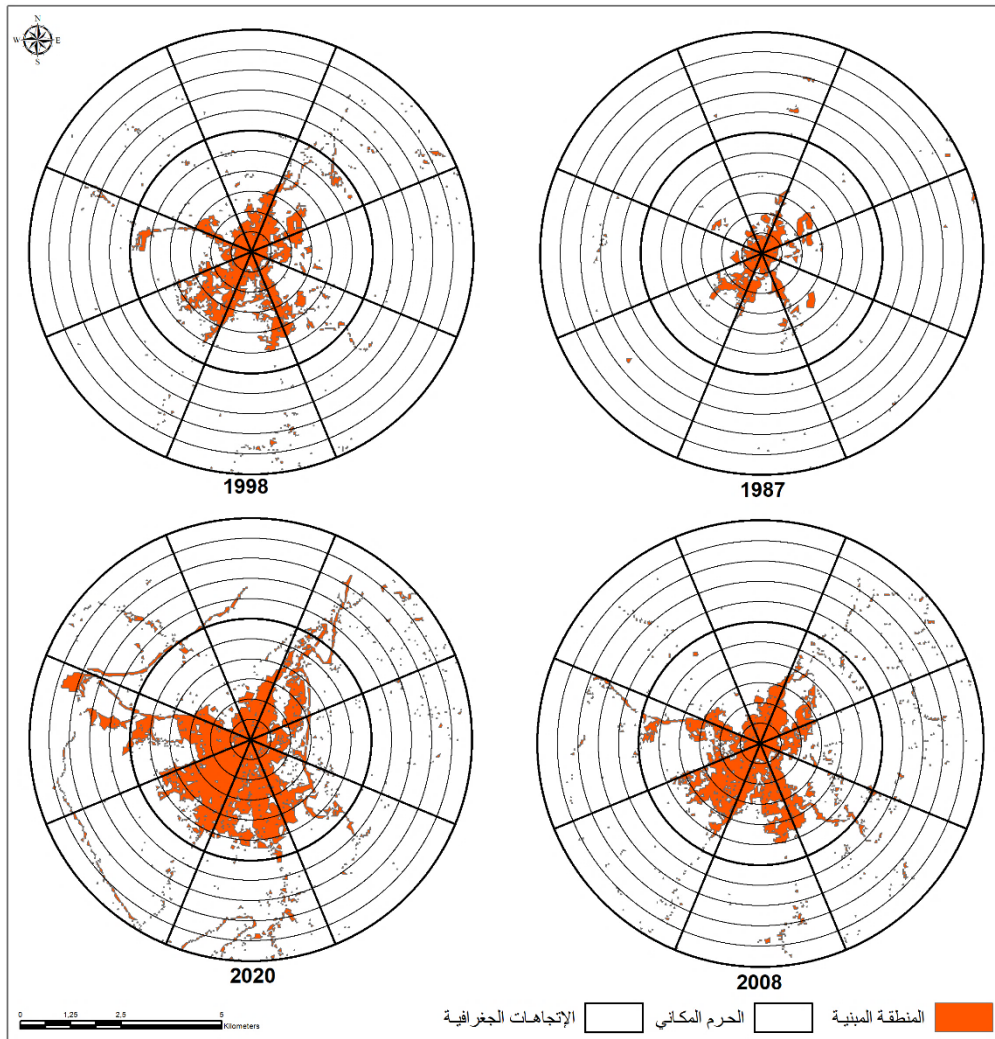
قدم الجزء السابق لمحة عامة عن الغطاء الأرضي والتغيرات التي حدثت في بلدية ميله حيث سنقدم تحليلا مفصلا حول التوسع العمراني لمدينة ميله (مجال 5,5 كلم من مركز المدينة) في الفترة بين 1987-2020. تم دراسة المنطقة المبنية بصورة أكثر تفصيلا لمعرفة وتحديد مقدار، نوع، وتيرة (شدة) واتجاه التوسع.

تم إجراء العديد من العمليات التي اعتمدت على برنامج ArcGIS كأداة للتعديل والتحليل. بالاعتماد على خرائط الغطاء الأرضي المصنفة سابقا، قمنا باستخراج المناطق المبنية والغير مبنية لكل من سنة

1987, 1998, 2008 و2020. إعتبرنا النواة الاستعمارية هي مركز المدينة والذي من خلاله تم رسم دائرة تشمل كل المساحات المبنية حيث تم تقسيم ميلة إلى ثمانية أقسام متساوية تعبر عن الاتجاهات الجغرافية الأساسية والفرعية. اعتمدنا على نفس النقطة كمركز لأداة الحرم المكاني التي تعتمد على التحليل المكاني للتوسع العمراني عبر مجموعة من الدوائر المترازمة متساوية البعد والذي حدد بـ 500م حيث تم التعامل مع كل منطقة كوحدة مجالية منفصلة لوصف التوسع العمراني، أي بمجمل 11 منطقة.

قمنا بتحويل جميع الخرائط إلى بيانات خطية لإجراء مختلف تحليلات التقاطع لكل فترتين على حدا وهذا لكل من المنطقة المبنية والاتجاهات الجغرافية والحرم المكاني (خريطة رقم 13). نلاحظ في الخرائط الاتجاهات الجغرافية الأساسية والفرعية أن المدينة لديها اتجاه توسع يتمثل في الجهة الجنوبية والجنوبية الغربية والجهة الشمالية الشرقية.

خريطة رقم 13: رسم توضيحي لتقاطع المنطقة المبنية مع الاتجاهات الجغرافية والحرم المكاني.



المصدر: أنجزت من طرف الباحث.

1.4. معدل متوسط التوسع العمراني السنوي (AUER):

يعكس معدل التوسع العمراني بناء المدينة وتطورها من حيث المجال أو الفضاء، حيث يمكننا من بناء نظرة شاملة حول وتيرة ومقدار التوسع سنويا لكل فترة من الدراسة، كما يسمح بمقارنة النتائج لتحديد أهم التوسعات، حيث يستعرض الجدول رقم 22 ملخص لمعدلات التوسع لمدينة ميله.

جدول رقم 22: معدل التوسع العمراني لمدينة ميله بين 1987-2020.

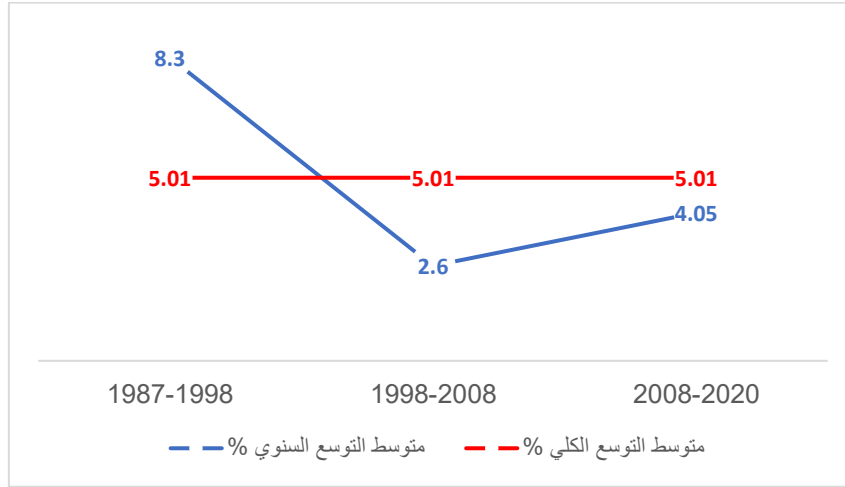
الفترة	مقدار التوسع (هكتار)	نسبة التوسع %	متوسط التوسع السنوي %	مقدار التوسع الإجمالي (هكتار)	متوسط التوسع الإجمالي %
1998-1987	315,94	35,04	8,3	901,64	5,01
2008-1998	158,22	17,55	2,6		
2020-2008	427,48	47,41	4,05		

المصدر: أنجزت من طرف الباحث.

شهدت مدينة ميله توسعاً عمرانياً كبيراً خلال فترة 33 سنة، حيث زادت مساحتها بـ 901.64 هكتار، مما أدى إلى تضاعف حجمها خمس مرات في الفترة بين 1987-2020، بمعدل توسع سنوي بلغ 5,01%. ولدراسة هذا التوسع بشكل أدق، تم تقسيم الفترة الزمنية إلى ثلاث مراحل، كشفت عن تباين في وتيرة التوسع العمراني. ففي الفترة الأولى (1987-1998)، سجلت المدينة أعلى متوسط التوسع السنوي بنسبة 8,3%، متجاوزة المتوسط العام. أما في الفترة الثانية (1998-2008)، فقد انخفضت الوتيرة بشكل حاد لتصل إلى أدنى مستوياتها عند 2,6%. وفي الفترة الأخيرة (2008-2020)، عاد متوسط التوسع السنوي للارتفاع ليبلغ 4,05%، مع ذلك لم يبلغ عتبة المتوسط العام (الشكل رقم 26).

هذه التغيرات تعكس الديناميكية المعقدة للتوسع العمراني في ميله، مظهرة فترات من التسارع والتباطؤ في عملية التوسع.

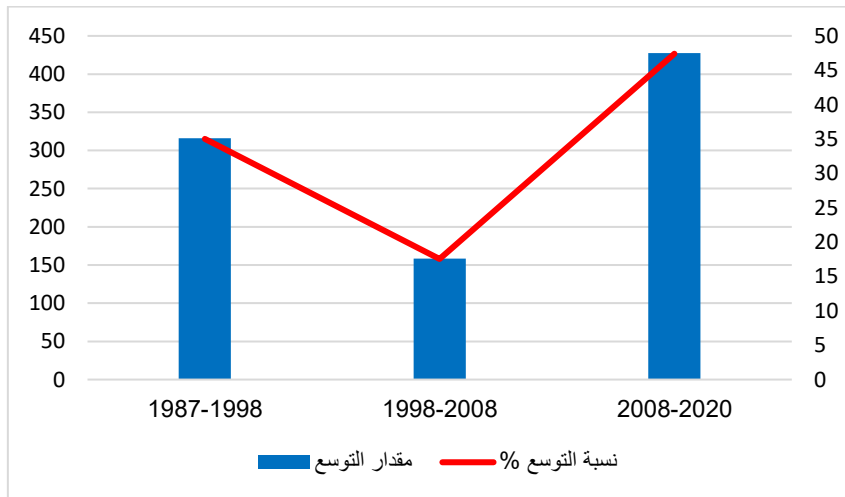
الشكل رقم 26: معدل التوسع السنوي لمدينة ميله بالنسبة لمعدل التوسع السنوي الإجمالي.



المصدر: أنجزت من طرف الباحث.

يمكن دعم النتائج السابقة من خلال مقارنة مقادير التوسع لمراحل الدراسة، فقد بلغ مقدار التوسع في الفترة بين 1998-1987 ما مقداره 315,94 هـ أي 35,04% من مقدار التوسع الإجمالي بين 1987 و2020، انخفض مقدار التوسع بشكل كبير حيث بلغ 158,22 هـ في الفترة بين 1998-2008 أي بنسبة تعادل 17,55% من مقدار التوسع الإجمالي، ليرتفع مجددا ليبلغ 427,48 هـ في الفترة بين 2008-2020 أي ما يعادل 47,41% من التوسع الإجمالي لمدينة ميله في مدة 33 سنة (الشكل رقم 27).

الشكل رقم 27: نسبة التوسع العمراني في كل مرحلة بالنسبة لإجمالي التوسع.



المصدر: أنجزت من طرف الباحث.

من خلال هذه التحليلات وجدنا أن أسرع وتيرة للتوسع العمراني طيلة فترة الدراسة سجلت خلال الفترة الأولى بين 1998-1987، فخلال هذه الفترة تضاعفت مساحة المدينة 2,4 مرات، مقارنة

بالفترات الأخرى للدراسة التي تضاعفت بـ 1,29 مرة و 1,64 مرة، على الترتيب. أما أكبر مقدار للتوسع العمراني فقد كان من نصيب الفترة الأخيرة للدراسة بين 2008-2020 أكبر من المرحلة الأولى بـ 1,3 مرة والمرحلة الثانية بـ 2,7 مرات.

حسب المقابلات الميدانية تم تفسير هذا التباين في المرحلة الأولى الى ارتقاء المدينة الى عاصمة ولاية وهذا ما جعلها تستقطب السكان وتزايد في المشاريع التنموية مما زاد في معدل التوسع، أما المرحلة الثانية كان تفسيرها ظهور قوانين تنظيم المدينة والعمران عن طريق ظهور مخططات التهيئة والتعمير وظهور هيئات تتحكم في العقار الحضري مما ساهم في تناقص معدل التوسع. المرحلة الأخيرة تميزت بتحسين الوضعية المالية للجزائر وتدعيم مشاريع البناء سواء البناء الذاتي أو مشاريع السكن الجماعي المدعوم من طرف الدولة.

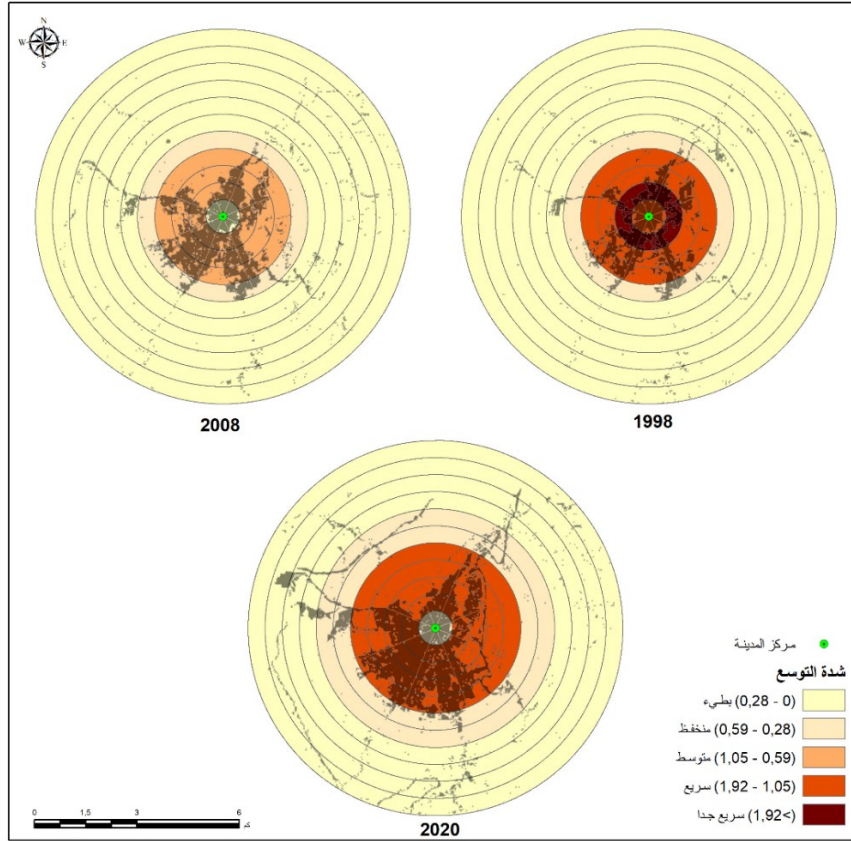
2.4. الخصائص الزمانية للتوسع العمراني:

توسعت مدينة ميلة في الفترة الزمنية للدراسة عبر مختلف الاتجاهات وبشدة متفاوتة. فلتتحقق من هذه الفرضية استعملنا مؤشر قياس شدة التوسع العمراني، الذي يعبر عن وتيرة التوسع لكل وحدة مجالية والتي عبرنا عنها في دراستنا من خلال حلقات الحرم المكاني والاتجاهات الجغرافية في مدة زمنية قدرها 33 سنة، وذلك من خلال تقسيمها إلى عدة فترات (1987-1998، 2008 و 2020) لتبسيط عملية التحليل ومقارنة النتائج.

تظهر الخريطة رقم 14 والشكل رقم 28 أن شدة التوسع العمراني مرتفعة في الحلقات الأقرب إلى مركز المدينة (أقل من 3000م) وتنخفض الشدة كلما ابتعدنا عن المركز (أكبر من 3000م) على مدى مختلف فترات الدراسة. فخلال الفترة بين 1987-1998 تميز التوسع العمراني لمدينة ميلة بشدة مرتفعة في الـ 3000م الأقرب إلى مركز المدينة، حيث سجل مؤشر شدة التوسع أعلى قيمة قدرت بـ 2,28. أما الفترة بين 1998-2008 فقد عرفت انخفاضا كبيرا في شدة التوسع مقارنة بالفترة السابقة في مجال 3000م، حيث بلغ أعلى مقدار لمؤشر شدة التوسع 1,01 والذي يعبر عن سرعة متوسطة. ارتفعت مجددا شدة التوسع في الفترة بين 2008-2020، والذي تميز بسرعة كبيرة على مستوى أغلب الحلقات القريبة من مركز المدينة. بابتعادنا عن المركز بأكثر من 3000م انخفضت شدة التوسع العمراني بشكل ملحوظ في جميع فترات الدراسة.

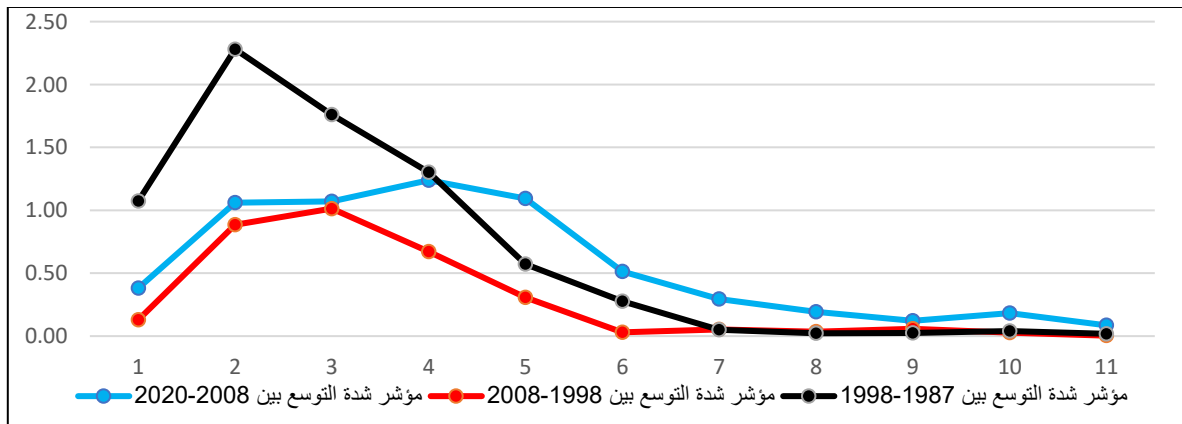
كنتيجة فإن التوسع العمراني لمدينة ميلة تميز بشدة مرتفعة في كل من الفترة بين 1987-1998 وبين 2008-2020 في المناطق الأقرب من مركز المدينة. أسباب هذا التباين حسب المقابلات الميدانية نفسها التي تم تقديمها من طرف الفاعلين في المجال بالنسبة لمؤشر معدل التوسع العمراني.

خريطة رقم 14: تغير شدة التوسع في مدينة ميلة عبر الدوائر المتراكزة.



المصدر: أنجزت من طرف الباحث.

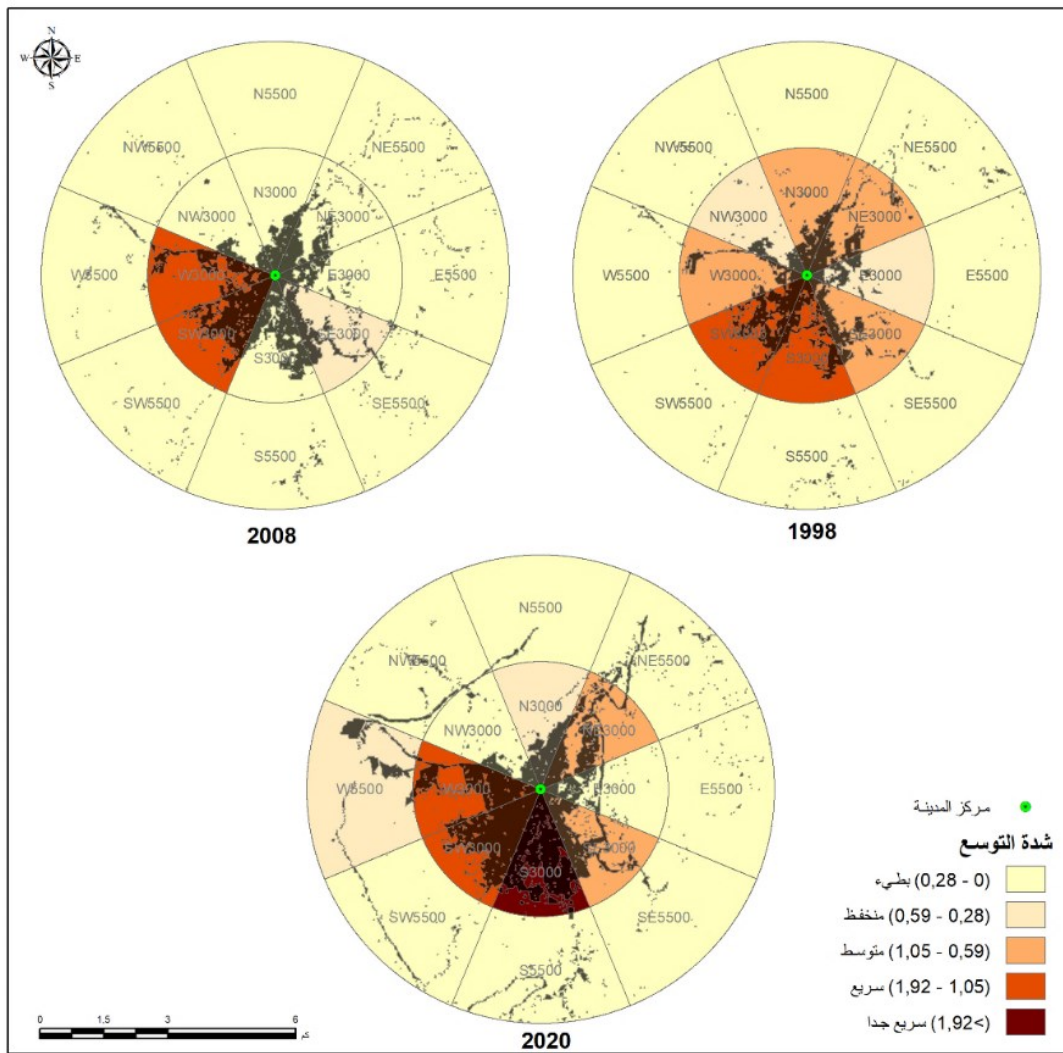
الشكل رقم 28: التغير في مؤشر شدة التوسع في مدينة ميلة عبر الدوائر المتراكزة.



المصدر: أنجزت من طرف الباحث.

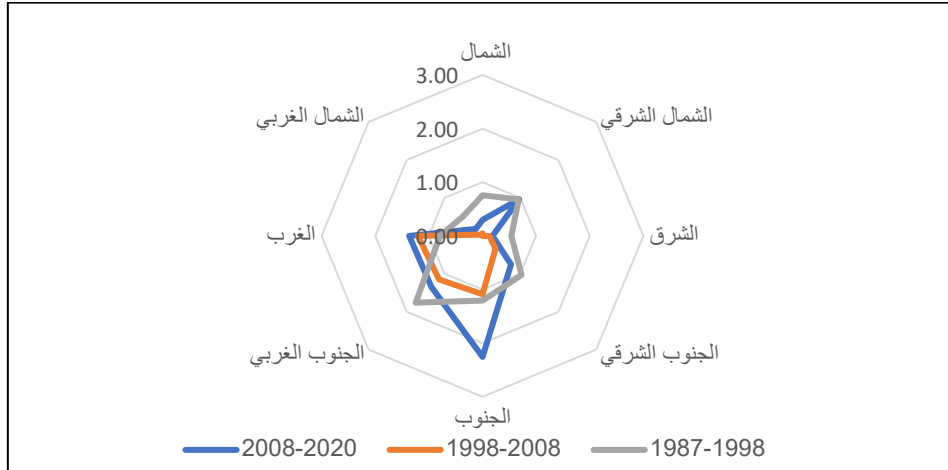
كما تبين الخريطة رقم 15 شدة التوسع العمراني في مدينة ميله بالنسبة للاتجاهات الجغرافية في حدود 3000م و5500م لنفس الفترات الزمنية السابقة. عرفت كل فترات الدراسة ارتفاع شدة التوسع في حدود 3000م على مستوى الجهة الجنوبية والجنوبية الغربية بين 1987- 1998، الجهة الغربية والجنوبية الغربية بين 1998- 2008، الجهة الغربية والجنوبية الغربية والجنوبية بين 2008- 2020 والتي سجلت أعلى قيمة لمؤشر الشدة والمقدر بـ 2,26 (شكل رقم 29). في حين أن شدة التوسع العمراني انخفضت في كل الجهات الجغرافية مع تخطي حدود 3000م (شكل رقم 30).

خريطة رقم 15: تغير شدة التوسع في مدينة ميله عبر الاتجاهات الجغرافية.



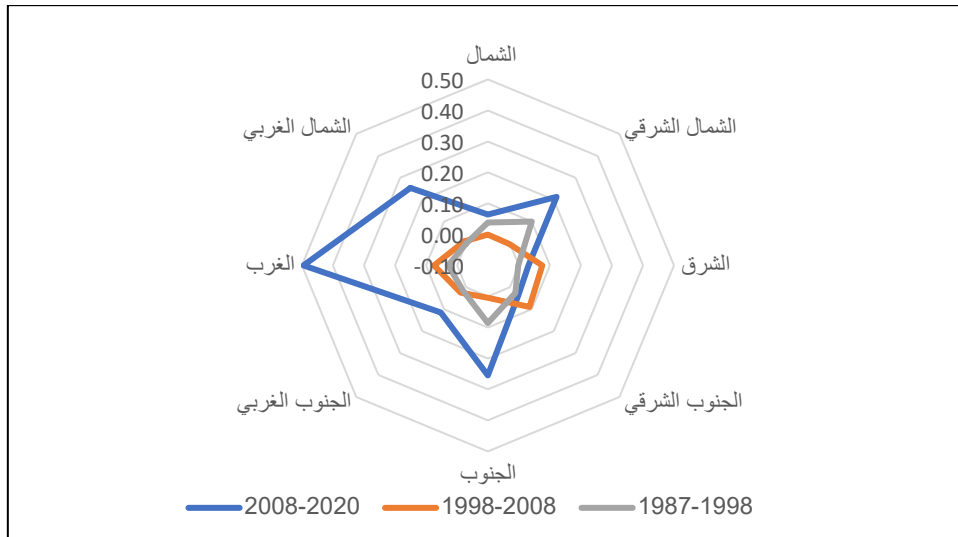
المصدر: أنجزت من طرف الباحث.

الشكل رقم 29: شدة التوسع في مدينة ميله عبر الاتجاهات الجغرافية من 0 إلى 3000م.



المصدر: أنجزت من طرف الباحث.

الشكل رقم 30: شدة التوسع في مدينة ميله عبر الاتجاهات الجغرافية من 3000 إلى 5500م.



2. المصدر: أنجزت من طرف الباحث.

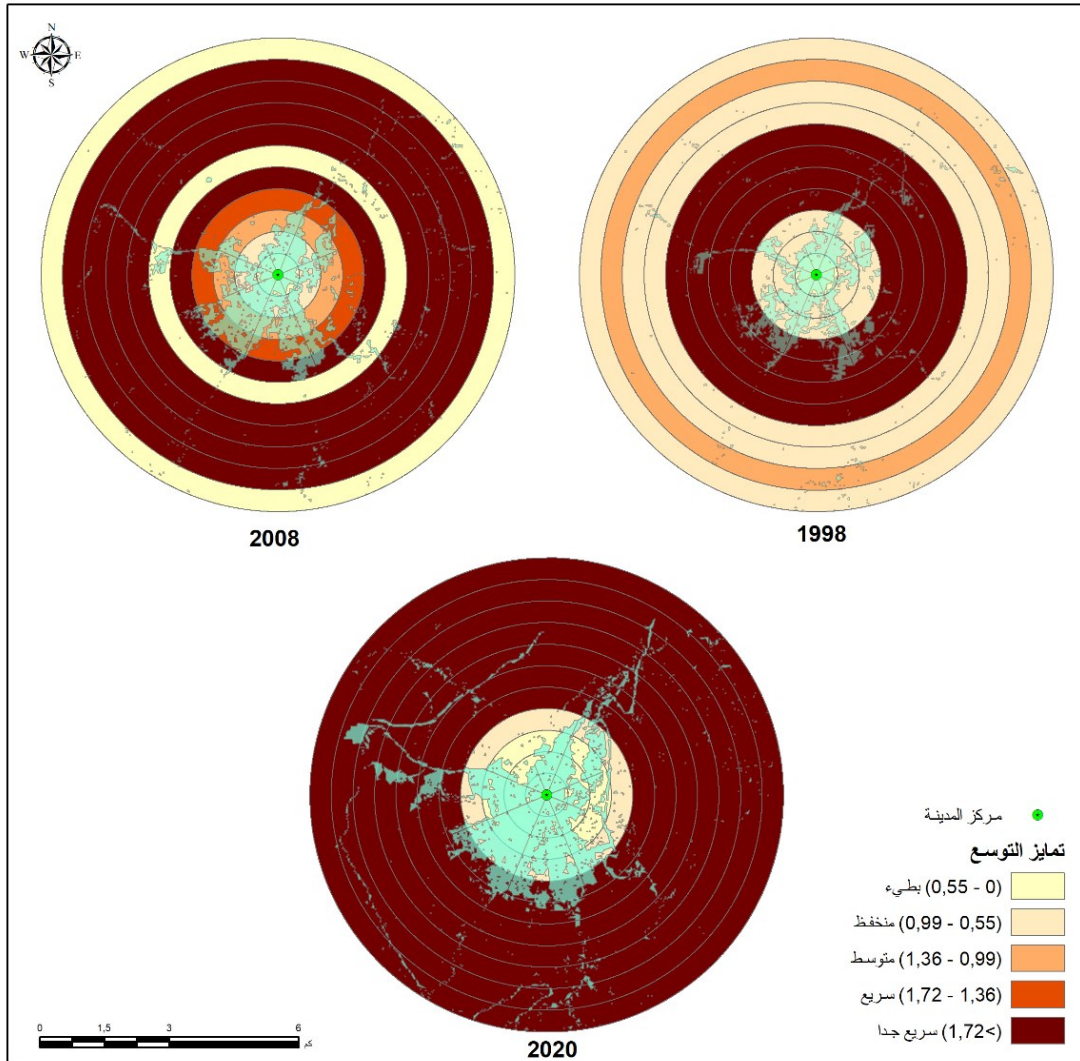
3.4. الخصائص المكانية للتوسع العمراني:

يتطرق مؤشر تمايز التوسع العمراني إلى دراسة الخصائص المكانية للتوسع العمراني، من خلال تحديد مقدار التوسع في الوحدة المكانية مقارنة مع معدل توسع المدينة ككل، وبالتالي يحدد المناطق الساخنة للتوسع. فبصورة أوضح فهذا المؤشر يقوم بتحديد موقع التوسعات الجديدة. عكس مؤشر الشدة الذي يقيس التوسع العمراني في وحدة مكانية بالنسبة لفترة زمنية محددة، ويأخذ بعين الاعتبار الفرق بين مساحة المنطقة المبنية والغير مبنية لتحديد شدة التوسع في نفس الوحدة المكانية.

تظهر كل من الخريطة رقم 16 والشكل رقم 31 المناطق الساخنة للتوسع ضمن 11 حلقة. حيث نلاحظ عدم استقرار في قيم المؤشر خاصة في الفترة بين 1998-2020، حسب هذا المؤشر فإن المنطقة المركزية لا تعتبر خيار للتوسع حيث القيمة 0، ثم ترتفع القيمة بشكل حاد كلما ابتعدنا عن مركز المدينة انطلاقاً من 2000م خاصة في الفترة الزمنية بين 1987-1998، والتي سجلت أعلى قيمة بـ 7,61، للتراجع قيم المؤشر في حدود 3500م، عكس الـ 22 سنة الأخيرة التي تميزت باستمرارية ارتفاع قيم المؤشر إلى غاية حدود الدراسة 5500م.

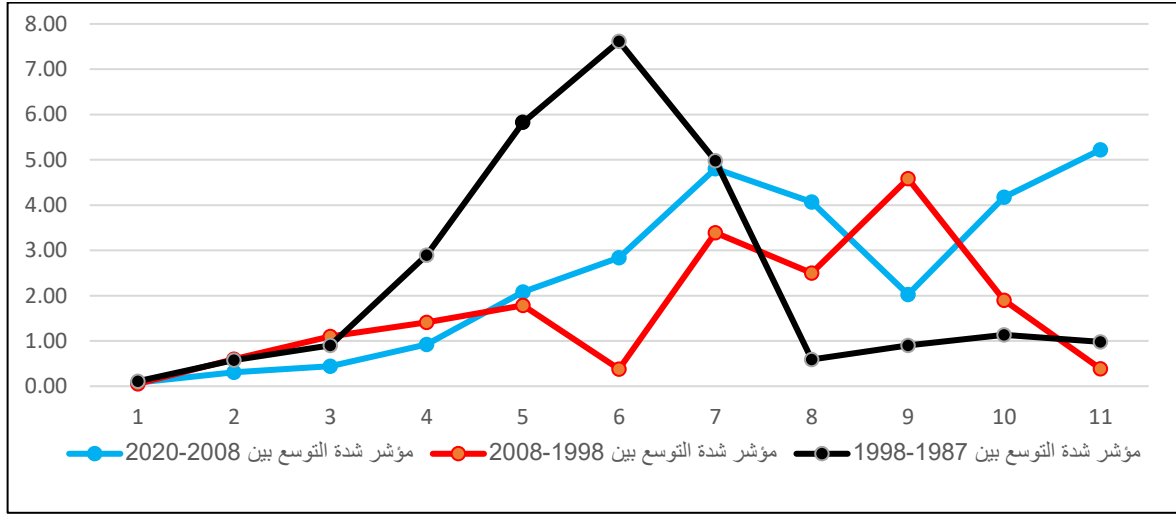
فمن خلال تحليل قيم مؤشر تمايز التوسع استخلصنا أن النقاط الساخنة للتوسع العمراني في مدينة ميله تقع على أطراف المدينة (الضاحية).

خريطة رقم 16: اختيارات التوسع العمراني في مدينة ميله عبر الدوائر المترازة بين 1987-2020.



المصدر: أنجزت من طرف الباحث.

الشكل رقم 31: التغيير في مؤشر تمايز التوسع في مدينة ميله عبر الدوائر المترابطة.



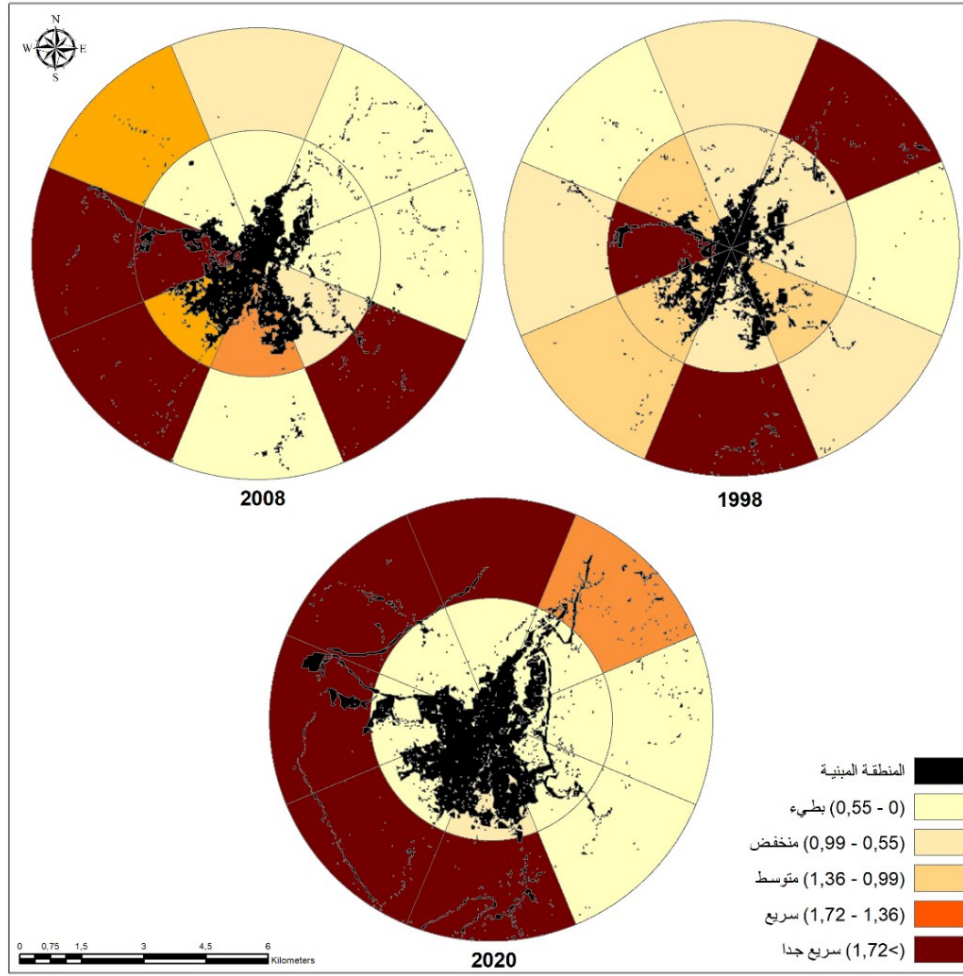
المصدر: أنجزت من طرف الباحث.

تظهر الخريطة رقم 17 اتجاه التوسع العمراني لمدينة ميله خلال فترة الدراسة، فمن خلال الملاحظة الأولية نستنتج أن اختيارات التوسع العمراني تقع خارج حدود 3000م خاصة في الفترة بين 2008 - 2020. عرفت الفترة بين 1987 - 1998 توسع سريع في الجهة الغربية والذي استمر بنفس الوتيرة في الفترة بين 1998 و 2008 وهذا في الجهة الجنوبية داخل حدود 3000م، لتنتقل اختيارات التوسع كلياً خارج نطاق 3000م في الفترة بين 2008 و 2020 (شكل رقم 32).

أما على مستوى الجهة الشمالية الشرقية والجنوبية فقد توسعت المدينة بشكل سريع في الفترة بين 1987-1998، زيادة إلى الجهة الجنوبية الشرقية، الغربية والجنوبية الغربية في الفترة بين 1998-2008 خارج حدود 3000م. لتنتقل اختيارات التوسع إلى الجزء الغربي أكثر من الجهة الشمالية الشرقية والتي امتدت إلى غاية الجهة الجنوبية في الفترة بين 2008-2020 (شكل رقم 33).

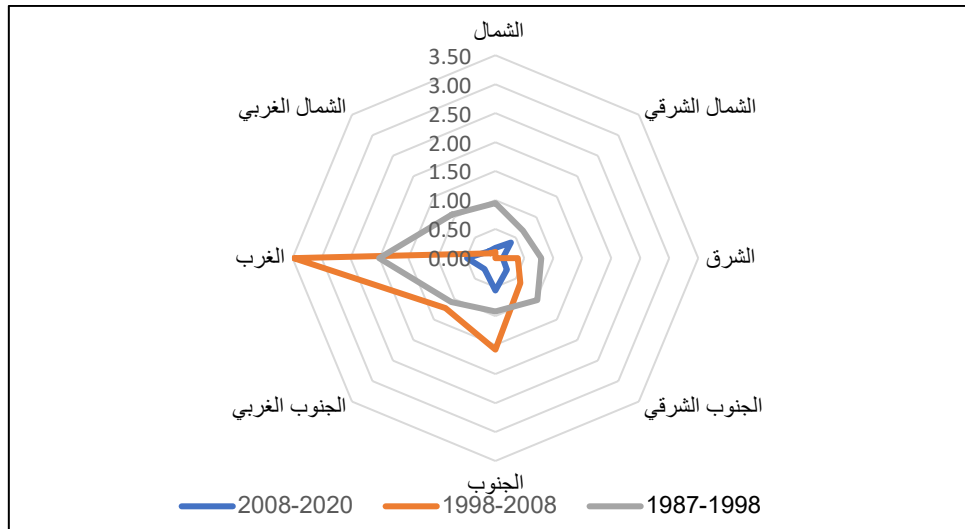
من خلال التحليل السابق نستنتج أن اختيارات التوسع لمدينة ميله في مدة 33 سنة توجهت بعيداً عن مركز المدينة خاصة في الجزء الغربي (من الشمال الشرقي إلى غاية الجنوب).

خريطة رقم 17: اختيارات التوسع في مدينة ميلة عبر الاتجاهات الجغرافية بين 1987-2020.



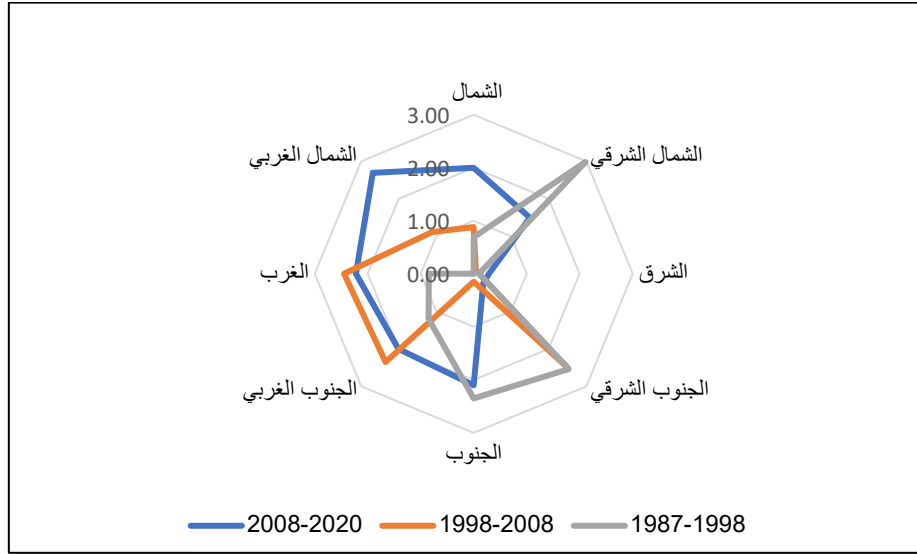
المصدر: أنجزت من طرف الباحث.

الشكل رقم 32: مؤشر تمايز التوسع في مدينة ميلة عبر الاتجاهات الجغرافية من 0 إلى 3000م.



المصدر: أنجزت من طرف الباحث.

الشكل رقم 33: مؤشر تمايز التوسع في مدينة ميله عبر الاتجاهات الجغرافية من 3000 إلى 5500م.



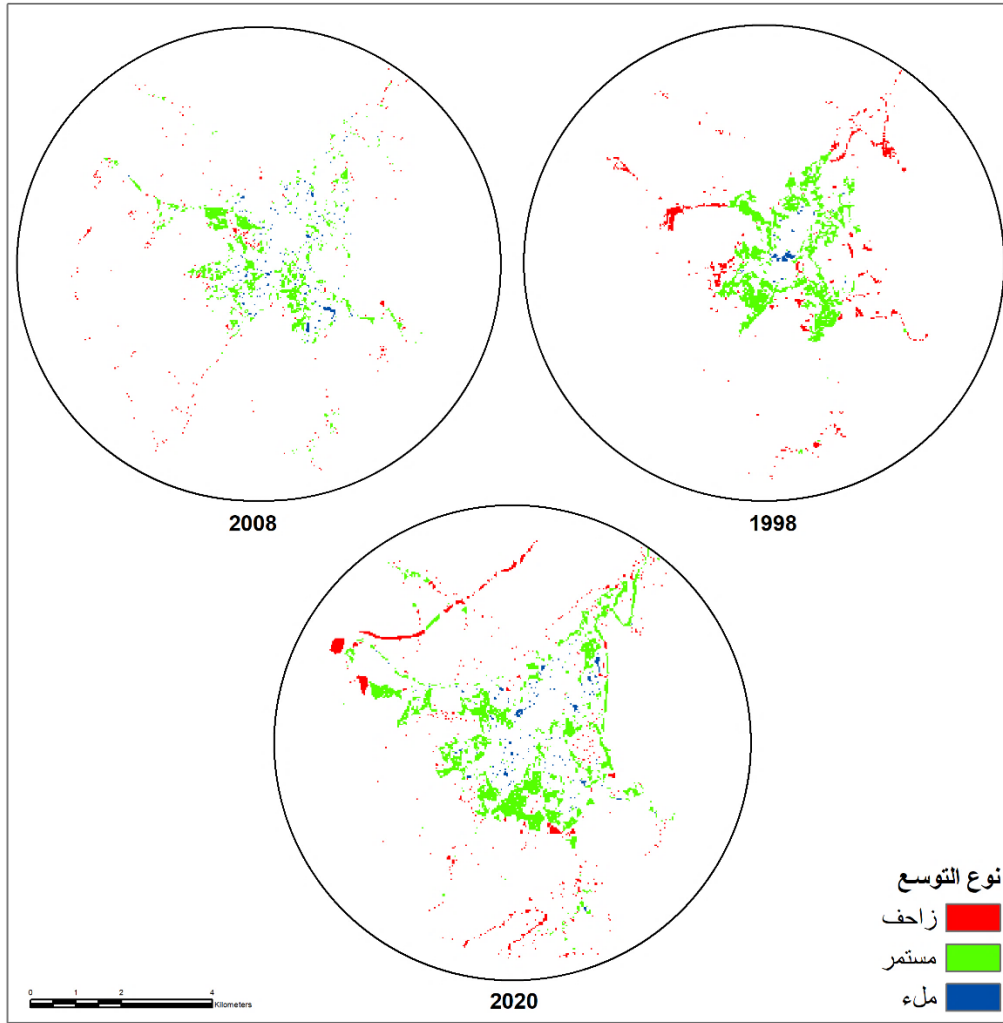
المصدر: أنجزت من طرف الباحث.

4.4. أنواع التوسع العمراني:

تم تطبيق مؤشر توسع المشهد الطبيعي (LEI) على فترات الدراسة الثلاث والمتمثلة في كل من الفترة بين 1987-1998، 1998-2008 و 2008-2020، باستعمال برنامج ArcGIS. لحساب قيم المؤشر، تم تحويل جميع بيانات المنطقة المبنية إلى بيانات خطية، ثم قمنا باستخراج التوسعات الجديدة لكل فترة زمنية. يعتمد حساب المؤشر على إنشاء حرم مكاني حول كل البقع الجديدة على حدا (تم اعتباره في دراستنا 01 متر وذلك حسب ما اعتمدته مختلف الدراسات التي استعملت هذا المؤشر)، ثم إجراء تقاطع بينها وبين النسيج الحضري القديم لحساب مدى تقاطعهما باستعمال المعادلة السابقة الذكر (الجزء الثالث المحور الثاني).

توضح الخريطة رقم 18 التوزيع المجالي لأنواع التوسع العمراني في مدينة ميله في فترات الدراسة. شهدت المدينة توسعا كبيرا في نسيجها الحضري في الفترة بين 1987 و 2020 في شكل ثلاثة أنواع من التوسعات والمتمثلة في: التوسع الزاحف، المستمر والملاء. يمثل التوسع المستمر النوع السائد في جميع فترات الدراسة، حيث حافظ التوسع العمراني للمدينة على استمراريته حول مركز المدينة. كما ظهر النوع الزاحف بصورة أقل في جميع فترات الدراسة والذي عبر عن التوسعات على مستوى محاور الطرق الكبرى. أما النوع الأخير والمتمثل في التوسع عن طريق الملاء، فقد ظهر في الفترات الثلاث في شكل بقع صغيرة عملت على ملء المناطق الشاغرة داخل النسيج العمراني القائم.

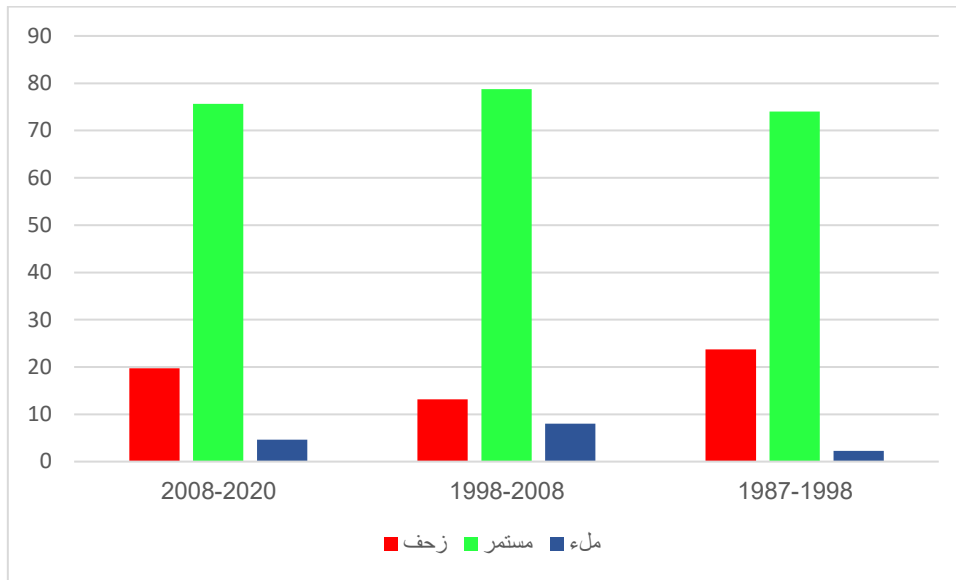
خريطة رقم 18: أنواع التوسع العمراني في الفترة بين 1987-2020.



المصدر: أنجزت من طرف الباحث.

لدراسة أنواع التوسع العمراني قمنا بحساب نسبة كل نوع بالنسبة للتوسع الإجمالي لكل الفترات (شكل رقم 34). نلاحظ أن التوسع المستمر أخذ أعلى نسبة من إجمالي المساحة المتوسعة في كل الفترات الزمنية للدراسة بمقدار 74%، 79% و 76% بين 1987-1998، 1998-2008 و 2008-2020 على الترتيب. أما الزحف فقد عرف نسب متوسطة في كل من الفترة بين 1987-1998 بنسبة 23%، لينخفض في الفترة التي تليها إلى 13% مع الزيادة في نسبة الأنواع الأخرى، ليرتفع مجددا في الفترة بين 2008-2020 ليصل ليبلغ 19%. يعد التوسع عن طريق الملاء أقل الأنواع التي ساهمت في توسع المدينة حيث ارتفعت نسبته من 2% في الفترة بين 1987-1998 ليسجل أعلى قيمة في الفترة بين 1998-2008 بنسبة 8%، لتتخفض مجددا إلى 4% في الفترة بين 2008-2020.

الشكل رقم 34: نسبة التغير في مساحة أنواع التوسع العمراني في فترة الدراسة.



المصدر: أنجزت من طرف الباحث.

5. التحليل الكمي لأنماط التوسع العمراني باستخدام المقاييس المجالية:

لوصف وتحليل عملية التوسع العمراني بشكل أدق لمدينة ميلة، تم استخدام مجموعة من المقاييس المكانية لتحديد الأنماط المكانية والزمانية للتوسع. يعرض الجدول رقم 23 البيانات الإحصائية لستة مقاييس مكانية مختلفة للسنوات بين 1987 إلى 2020.

جدول رقم 23: ملخص البيانات الإحصائية للمقاييس المجالية لمدينة ميلة.

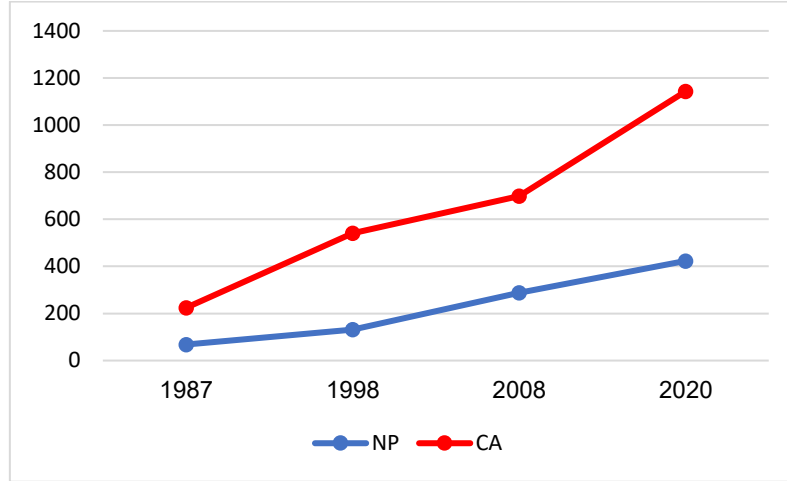
السنوات	المساحة (CA)	عدد البقع (NP)	كثافة البقع (PD)	مؤشر أكبر بقعة (LPI)	متوسط المسافة إلى الجار الأقرب (MNN)	مستوى تعقيد شكل البقع (AWMPFD)
1987	224,18	68	32	63	97	1,38
1998	540,12	132	27	87	87	1,42
2008	698,34	288	41	83	100	1,43
2020	1142,88	423	38	77	89	1,41

المصدر: أنجزت من طرف الباحث.

توسعت مدينة ميلة بشكل سريع في الفترة الزمنية للدراسة، ورافقه ارتفاع في عدد البقع بشكل طردي، والذي يمكن أن يعتبر مؤشراً عن توسع المدينة بشكل مجزأ وغير متجانس. لوحظ تغير كبير في الفترة بين 1998 - 2008 واستمر إلى غاية 2020 والتي تعبر عن أعلى عدد للبقع، حيث تشير إلى التوسع المستمر

للبيع المجزأة والمتناثرة في منطقة الدراسة. يمكن ربط ذلك بالبيع الصغيرة التي تنشأ بشكل مبعثر حول الكتلة الرئيسية، وذلك نتيجة لتوسع المدينة بشكل متناثر (الشكل رقم 35).

الشكل رقم 35: المقارنة بين عدد البيع والمساحة.



المصدر: أنجزت من طرف الباحث.

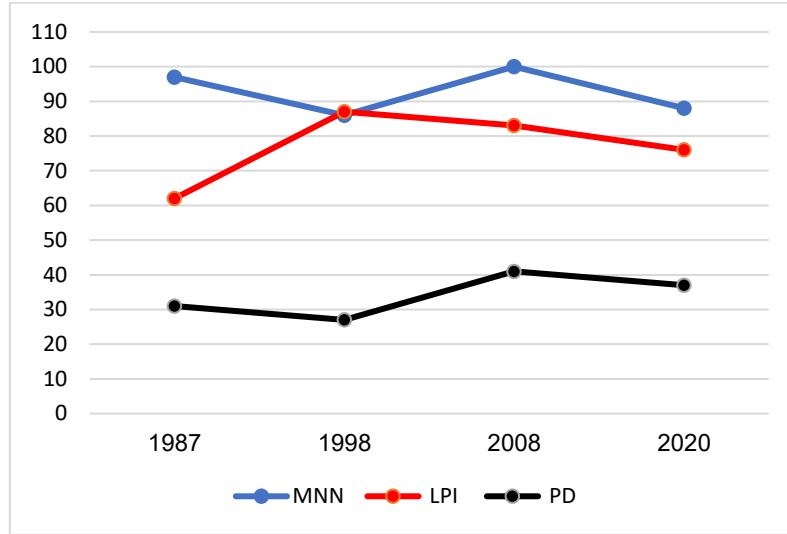
لتأكيد الطرح السابق، استعنا بمقياس كثافة البيع، مؤشر أكبر بقعة ومتوسط المسافة إلى الجار الأقرب، حيث تعكس هذه المؤشرات مدى تجزئة المجال. من خلال الشكل رقم 36 قمنا بمقارنة مؤشر أكبر بقعة والذي يعبر عن مدى هيمنة الكتلة الرئيسية على المجال والمؤشرين الآخرين اللذان يعكسان مدى التجزئة.

أظهرت النتائج ارتفاع في (LPI) مقابل انخفاض في كل من (PD) و (MNN) في الفترة بين 1987 و 1998. يفسر ذلك أن التوسع العمراني في هذه الفترة تم عن طريق بيع كبيرة نوعا ما اندمجت مع الكتلة الرئيسية، وذلك نتيجة حجم التوسع الكبير مقارنة بالزيادة القليلة في عدد البيع وانخفاض المسافة بينها.

عكس الفترة السابقة لاحظنا انخفاضا في قيمة (LPI) مقابل ارتفاع قيمة (PD) و (MNN) في الفترة بين 1998 و 2008. يفسر ذلك أن التوسع العمراني في هذه المرحلة تميز بالتجزؤ والتبعثر عكس المرحلة السابقة، وينعكس ذلك من خلال الزيادة في عدد البيع طرديا مع الزيادة في المساحة وازدياد المسافة بينها يوضح أن حجمها صغير نوعا ما.

في الفترة بين 2008 و 2020 لاحظنا انخفاضا في كل من (LPI)، (PD) و (MNN). يفسر ذلك على أن التوسع العمراني وعدد البيع استمر بالارتفاع، في حين أن نمط التوسع تميز باندماج البيع المبعثرة في شكل بيع أكبر، وبالتالي انخفضت قيمة المؤشرات الثلاث.

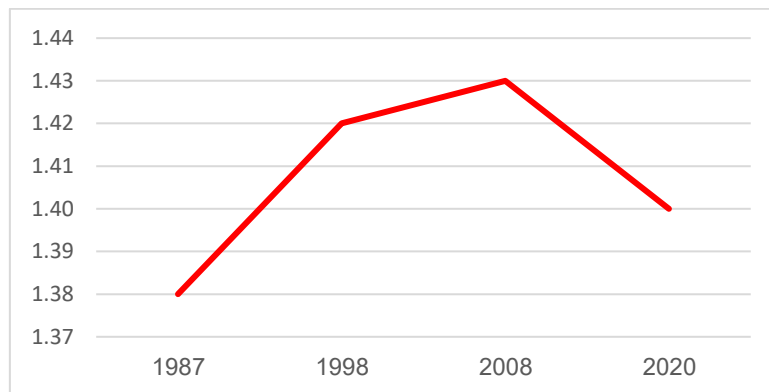
الشكل رقم 36: المقارنة بين المقاييس التي تعبر عن مدى تجزئة المجال العمراني.



المصدر: أنجزت من طرف الباحث.

يهدف استعمال مؤشر (AWMPFD) إلى معرفة مدى تعقيد الأشكال، حيث يصف العلاقة بين مساحة ومحيط البقعة. أظهر الشكل رقم 37 أنه سنة 1987 بلغت قيمة (AWMPFD) 1,38 أي أن زيادة مساحة البقعة يقابلها زيادة بمقدار 38% في محيطها. عرف المؤشر منحنى تصاعدياً من سنة 1987 إلى غاية 2008، حيث ارتفع من 38% إلى 42% ليبلغ 43% كأعلى مستوى تعقيد عرفته فترة الدراسة. ثم انخفض مجدداً ليبلغ 41% سنة 2020. يمكن أن يعود السبب الرئيسي لارتفاع نسبة التعقيد في الشكل الحضري إلى التوسع العمراني المنخفض الكثافة، بالإضافة إلى العوامل الطبوغرافية التي تعيق استمرارية التوسع، خاصة بوجود الأودية والشعب والمنحدرات الشديدة. كما ينظر إلى انخفاض قيمة المؤشر على أنه انخفاض طفيف ليس له تأثير كبير.

الشكل رقم 37: تعقيد الشكل الحضري.



المصدر: أنجزت من طرف الباحث.

حسب تفسير المختصين في مديرية التعمير خلال المقابلة فإن عدد البقع المتناثر هي السكنات المبعثرة التي أنجزت في إطار عملية البناء الذاتي والتي فيما بعد شكلت أحياء عشوائية على أطراف مدينة ميله.

مما نستنتجه من خلال النتائج أن تطبيق المقاييس المكانية يمكننا من معرفة نمط التوسع العمراني لمدينة ميله. من الستة مؤشرات المطبقة في الدراسة عرف كل من (CA) و (NP) منحى تصاعدياً، حيث يشير إلى استمرارية التوسع العمراني. كما عرفت كل من (PD) و (MNN) نمطا متذبذبا خلال مختلف الفترات الزمنية للدراسة، بالإضافة إلى (LPI) الذي عرف ارتفاعا يليه انخفاض مستمر في قيمته.

تعبر هذه المؤشرات عن استمرارية التوسع العمراني للمدينة بصفة مجزأة ومبعثرة حول أطراف البقعة الحضرية الرئيسية. كما يعزز مؤشر تعقيد الشكل (AWMPFD) من النتائج المتوصل إليها حيث يؤكد مدى زيادة التعقيد في الشكل العمراني الغير منتظم عند وصف شكله الهندسي.

خلاصة المحور:

تم تصنيف الغطاء الأرضي لبلدية ميله إلى أربعة أصناف رئيسية: الغطاء النباتي، الأرض الجرداء، المنطقة المبنية والمياه. اعتمدت الدراسة على مجموعة من المؤشرات الطيفية لاستخراج هذه الأصناف، بما في ذلك مؤشر البناء (IBI) للمناطق المبنية، ومؤشر الفرق المائي المعدل (MNDWI) للمياه، ومؤشر الغطاء النباتي المعدل للتربة (SAVI) للغطاء النباتي. تم تطبيق التصنيف الموجه باستخدام تقنية تصنيف الاحتمال الأقصى.

شهد الغطاء الأرضي تغيرات ملحوظة بين عامي 1987 و 2020. في عام 1987، هيمن الغطاء النباتي بنسبة 58%، تلتها الأراضي الجرداء بنسبة 40%، بينما شكلت المنطقة المبنية 2% فقط. بحلول عام 1998، انخفض الغطاء النباتي، بينما زادت الأراضي الجرداء والمنطقة المبنية. استمر هذا الاتجاه في عام 2008، مع انخفاض إضافي في الغطاء النباتي وارتفاع في الأراضي الجرداء والمنطقة المبنية. في عام 2020، استعاد الغطاء النباتي مساحته (57%)، بينما انخفضت الأراضي الجرداء وزادت المنطقة المبنية لتصل إلى 9,6%.

شهدت مدينة ميله توسعاً عمرانياً كبيراً خلال فترة الدراسة. زادت المساحة المبنية بـ 901,64 هكتار خلال 33 عاماً. كانت أسرع وتيرة للتوسع بين 1987-1998، بينما سجل أكبر مقدار للتوسع في الفترة 2008-2020. اتجهت التوسعات الرئيسية نحو الجنوب، الجنوب الغربي، والشمال الشرقي.

تم تحديد ثلاثة أنماط رئيسية للتوسع العمراني:

1. التوسع المستمر: وهو النمط السائد، حيث حافظ التوسع على استمراريته حول مركز المدينة.
2. التوسع الزاحف: ظهر بصورة أقل على مستوى محاور الطرق الكبرى.
3. التوسع عن طريق الملاء: ظهر في شكل بقع صغيرة لملاء المناطق الشاغرة داخل النسيج العمراني القائم.

أظهر تحليل المقاييس المكانية زيادة مستمرة في عدد البقع العمرانية مع مرور الوقت، وتغيرات في نمط التوسع من متجانس إلى مجزأ ثم إلى مندمج. كما لوحظت زيادة في تعقيد الأشكال العمرانية حتى عام 2008، تبعها انخفاض طفيف في 2020.

من خلال تطبيق المقاييس المكانية، تبين أن نمط التوسع العمراني لمدينة ميله يتميز باستمرارية التوسع بصفة مجزأة ومبعثرة حول أطراف البقعة الحضرية الرئيسية. يؤكد مؤشر تعقيد الشكل (AWMPFD) زيادة التعقيد في الشكل العمراني الغير منتظم.

هذه التغيرات تعكس الديناميكية المعقدة للتوسع العمراني في ميله، مع تأثيرات واضحة على البيئة والموارد الطبيعية المحيطة بالمدينة.

مع ذلك، فإن هذه التحليلات غير كافية لفهم ديناميكية التوسع العمراني بشكل شامل، إذ يتأثر التوسع بمجموعة متنوعة من العوامل الطبيعية والاجتماعية-الاقتصادية، بالإضافة إلى السياسات العمرانية التي تحدد اتجاهاته وأنماطه. وذلك ما سنعرضه في المحور الثاني.

المحور الثاني: العلاقة بين التوسع العمراني ومحدداته.

مقدمة المحور:

تعتبر العلاقة بين التوسع العمراني ومحدداته من المواضيع الحيوية في دراسات التخطيط الحضري والتنمية المستدامة. يمثل التوسع العمراني ظاهرة معقدة تتأثر بمجموعة متنوعة من العوامل، بدءًا من الخصائص الطبوغرافية وصولًا إلى العوامل الاجتماعية والاقتصادية والسياسات العمرانية.

تتجلى أهمية فهم هذه العلاقة في تأثيرها على استدامة المدن وجودة الحياة فيها، حيث يساهم تحليل المحددات في توجيه السياسات والتخطيط الحضري بشكل فعال. في هذا المحور، سنستكشف كيف تتداخل هذه العوامل لتشكيل أنماط التوسع العمراني، وكيف يمكن أن تسهم الدراسات المستندة إلى النمذجة والتحليل الإحصائي في تقديم رؤى تساعد على اتخاذ قرارات مستنيرة تتعلق بمستقبل المدن.

استنادًا إلى الدراسات السابقة وتوفر المعطيات، تم اختيار مجموعة من المحددات للكشف عن العلاقة بينها وبين التوسع العمراني. تتمثل هذه المحددات في كل من محددات طبوغرافية، محددات اجتماعية-اقتصادية وتم استبعاد محددات السياسة العمرانية لعدم إمكانية إدراجها في النموذج حيث تم تحليلها في مرحلة أخرى.

تم دراسة تأثير هذه المحددات من خلال مجموعة من المتغيرات المستقلة التي يمكن قياسها مكانيا بالاعتماد على نظم المعلومات الجغرافية كوسيلة لإعداد قاعدة البيانات لكل فترة زمنية لنتمكن من تطبيق التحليلات الإحصائية من خلال نموذج الانحدار اللوجستي الثنائي. اعتبرنا أن التوسع العمراني لكل فترة زمنية 1987-1998، 1998-2008 و2008-2020 كمتغير فئوي ثنائي تابع معبر عنه بالقيمة 1 في حال حدوث توسع عمراني والقيمة 0 لعدم حدوث أي تحول.

1. تحليل نتائج نموذج الانحدار اللوجستي:

قبل تطبيق النموذج تم التحقق من التعدد الخطي لمجموع المتغيرات المستقلة لكل فترة زمنية للوصول إلى نتائج دقيقة، حيث اعتمدنا على معامل تضخم التباين لمعرفة مدى ارتباط المتغيرات المستقلة ببعضها من خلال تحديد عتبة القبول حسب الدراسات السابقة التي صرحت أن قيمة معامل تباين التضخم أقل من 10 تشير إلى عدم وجود تعدد خطي (Abebe, 2013)، إلا أن هناك دراسات أخرى حددت العتبة في القيمة 5 (Dahal & Lindquist, 2018; O'brien, 2007). اعتمدنا في دراستنا على القيمة 5 كعتبة حيث اعتبرنا أن كل متغير يتعدى هذه القيمة غير مرغوب في النموذج. حققت كل المتغيرات في مختلف الفترات الزمنية نتائج مقبولة تعبر عن عدم وجود تعدد خطي حيث نلخص النتائج في الجدول رقم 24.

جدول رقم 24: قيم معامل تضخم التباين (التحقق من التعدد الخطي).

2020-2008	2008-1998	1998-1987	المتغيرات
معامل تضخم التباين (Vif)			
1,026	1,895	1,289	الانحدار
1,125	1,282	1,007	الارتفاع
1,627	1,934	2,028	المسافة إلى الشعب (مجاري المياه الطبيعية)
3,784	4,285	4,658	المسافة إلى النسيج العمراني
3,027	2,366	3,924	المسافة إلى الطرق
2,387	3,998	4,021	المسافة إلى خطوط النقل الجماعي الحضري
4,238	4,871	4,694	المسافة إلى مركز المدينة
4,254	4,676	3,927	المسافة إلى التجهيزات
1,009	1,671	1,087	كثافة السكان

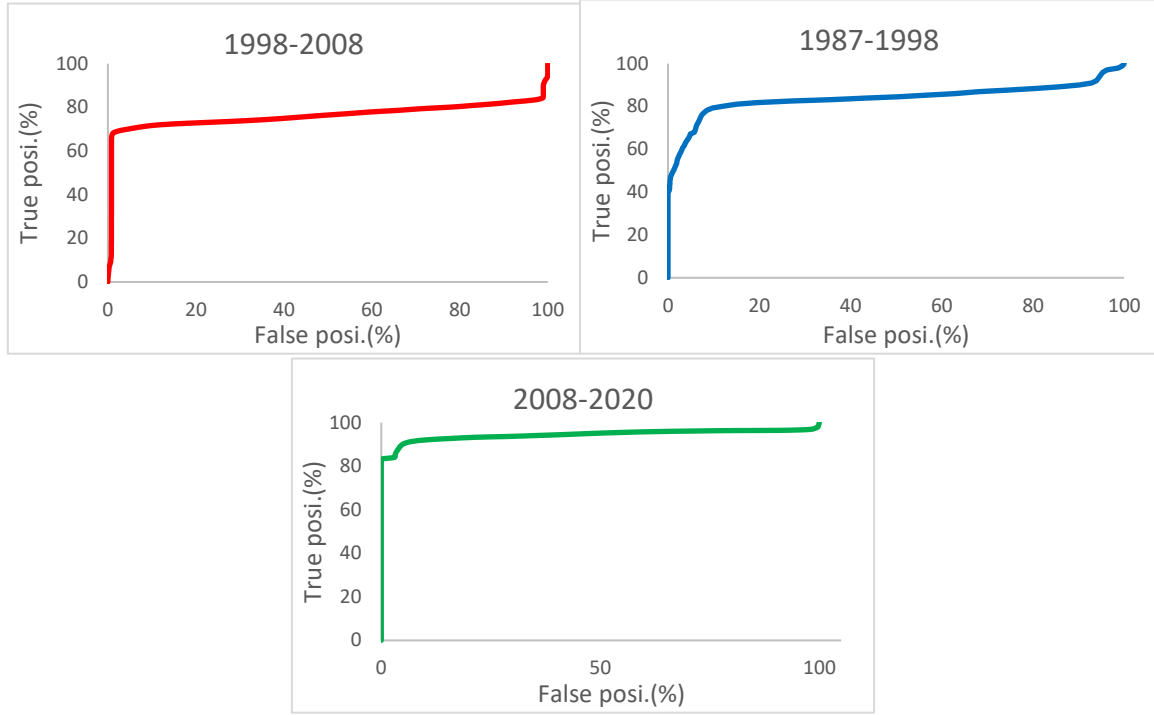
المصدر: أنجزت من طرف الباحث.

بالإضافة إلى التحقق من التعدد الخطي، تم اختبار ملاءمة النموذج بمعنى اختبار القدرة التفسيرية للمتغيرات المستقلة بالنسبة للمتغير التابع. يمثل مربع آر (R-Square) مؤشر مهم يعبر عن مدى ملاءمة نموذج الانحدار مع وجود العديد من المؤشرات التي تؤدي نفس الغرض. استخدمنا في دراستنا قيم مربع آر لتقييم الملاءمة وكانت النتائج 0,53، 0,53، 0,48 للثلاث نماذج باتباع الترتيب الزمني المذكور سابقا. يوضح هذا المؤشر القدرة التفسيرية للمتغيرات المستقلة للمتغير التابع، حيث تشير النتائج إلى وجود عوامل أخرى يمكننا من خلالها تفسير المتغير التابع.

تحققنا في الأخير من صحة النماذج مقارنة بخراط استعمال الأرض الحقيقية باستعمال منحنى الخاصية العملية للمستقبل (ROC)، حيث تعبر القيم القريبة من الـ 1 عن أفضل أداء للنموذج. توصلنا من خلال الدراسة إلى القيم التالية مرتبة حسب الفترات الزمنية 0,84، 0,76 و 0,94 لكل فترة (1987-

1998، 1998-2008 و2008-2020). تعبر القيمة 0,76 عن أداء جيد للنموذج رغم انخفاضها عن البقية وذلك تناسبا مع حجم التوسع المنخفض في الفترة بين 1998-2008. (شكل رقم 38)

الشكل رقم 38: منحنى الخاصية العملية للمستقبل (Roc) لكل مرحلة.



المصدر: أنجزت من طرف الباحث.

بعد إجراء مختلف الاختبارات اللازمة لقبول نماذج الانحدار، تتمثل المرحلة التالية في استكمال الدراسة والاعتماد على النتائج المترتبة عنها لتحديد المحددات المجالية للتوسع العمراني. الهدف الأساسي من نماذج الانحدار اللوجيستي الثنائي في هذه الدراسة يكمن في تحديد العوامل المؤثرة على التوسع في كل فترة زمنية على حدة، ثم مقارنة النتائج بين الفترات الزمنية المدروسة للتحقق من وجود تغير في مدى تأثير العوامل الدافعة أو نفي وجوده.

اعتمدنا في تفسير نتائج الانحدار اللوجيستي الثنائي على تفسير معامل الانحدار باستعمال نسبة الترجيح (odd ratio) لكل متغير مستقل. يعبر معامل الانحدار على دالتين مرتبطتين، حيث أن $\beta \neq 0$ دلالة على وجود علاقة بين المتغير المستقل والتابع المتمثل في التوسع العمراني، تحدد قوة العلاقة بمدى ابتعاد معامل الانحدار عن 0. أما الدلالة الثانية فتتمثل في اتجاه العلاقة بين المتغير التابع والمستقل، فالإشارة الموجبة تعبر عن وجود علاقة طردية أي أن الزيادة في قيمة المتغير المستقل تقابلها زيادة في المتغير التابع، في حين أن الإشارة السالبة تعبر عن العلاقة العكسية.

يساعدنا تحليل مخرجات نموذج الانحدار على فهم عملية التوسع العمراني لمدينة ميله وتحليل أنماطه من خلال معرفة عوامله الدافعة، أظهرت النتائج أن كل من المحددات الطبوغرافية والسوسيو-اقتصادية لها تأثير كبير ومتفاوت القوة على عملية التوسع من سنة 1987 إلى 2020. يلخص الجدول رقم 25 نتائج تحليل الانحدار للفترات الزمنية الثلاث للدراسة.

جدول رقم 25: نتائج نموذج الانحدار لمختلف فترات الدراسة.

2020-2008		2008-1998		1998-1987		المتغيرات
معامل الاحتمالية	معامل الانحدار	الاحتمالية	معامل الانحدار	الاحتمالية	معامل الانحدار	
0,69	-0,37	0,76	-0,27	0,73	-0,32	الانحدار
1,19	0,17	1,75	0,56	1,60	0,47	الارتفاع
0,88	-0,13	0,90	-0,11	1,00	-0,004	المسافة إلى الشعب
0,72	-0,33	1,03	0,03	1,48	0,39	المسافة إلى النسيج العمراني
0,70	-0,36	0,49	-0,71	0,41	-0,88	المسافة إلى الطرق
0,71	-0,34	0,62	-0,48	0,70	-0,35	المسافة إلى خطوط النقل
1,20	0,18	0,60	-0,58	0,68	-0,38	المسافة إلى مركز المدينة
0,89	-0,12	1,42	0,35	/	/	المسافة إلى التجهيزات
1,45	0,37	1,36	0,31	1,54	0,43	كثافة السكان
0,96	-0,04	0,58	-0,54	0,28	-1,27	Intercept
/	0,05	/	0,05	/	0,05	معنوية النموذج

المصدر: أنجزت من طرف الباحث.

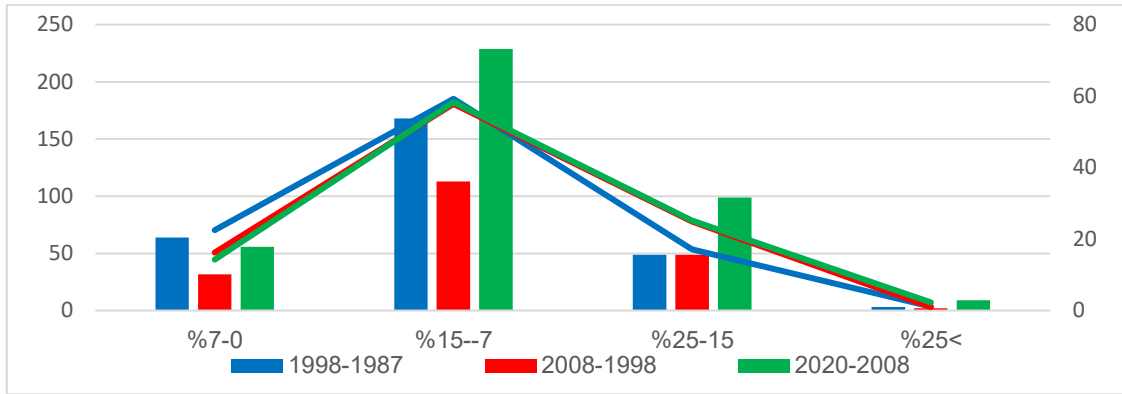
1.1. الانحدارات:

يمثل عامل الانحدار أحد أهم العوامل المؤثرة في التوسع العمراني لمدينة ميله في جميع فترات الدراسة، يظهر النموذج أن الانحدار يرتبط بالتوسع في شكل علاقة عكسية، حيث قدرت معاملات الانحدار بـ -0,32، -0,27، و-0,37 للفترات بين 1998-1987، 2008-1998، و2020-2008 على الترتيب.

تظهر النتائج أن احتمالية التوسع العمراني ترتفع في المناطق قليلة الانحدار في جميع فترات الدراسة، فمن خلال نسبة الأرجحية فإن احتمالية التوسع العمراني تزيد بـ 37% مقابل انخفاض الانحدار في الفترة بين 1998-1987، حيث قدرت نسبة التوسع في هذه الفترة بـ 22% و59% في المناطق ذات الانحدار بين 0-7% و7-15% على الترتيب. انخفض تأثير الانحدارات بشكل بسيط في الفترة بين 1998-2008، حيث قدرت نسبة الأرجحية بـ 0,76 أي أن احتمالية التوسع العمراني في المناطق قليلة الانحدار انخفضت إلى 32%، انعكست هذه النتائج من خلال نسبة التوسع في هذه الفترة التي قدرت بـ 16%

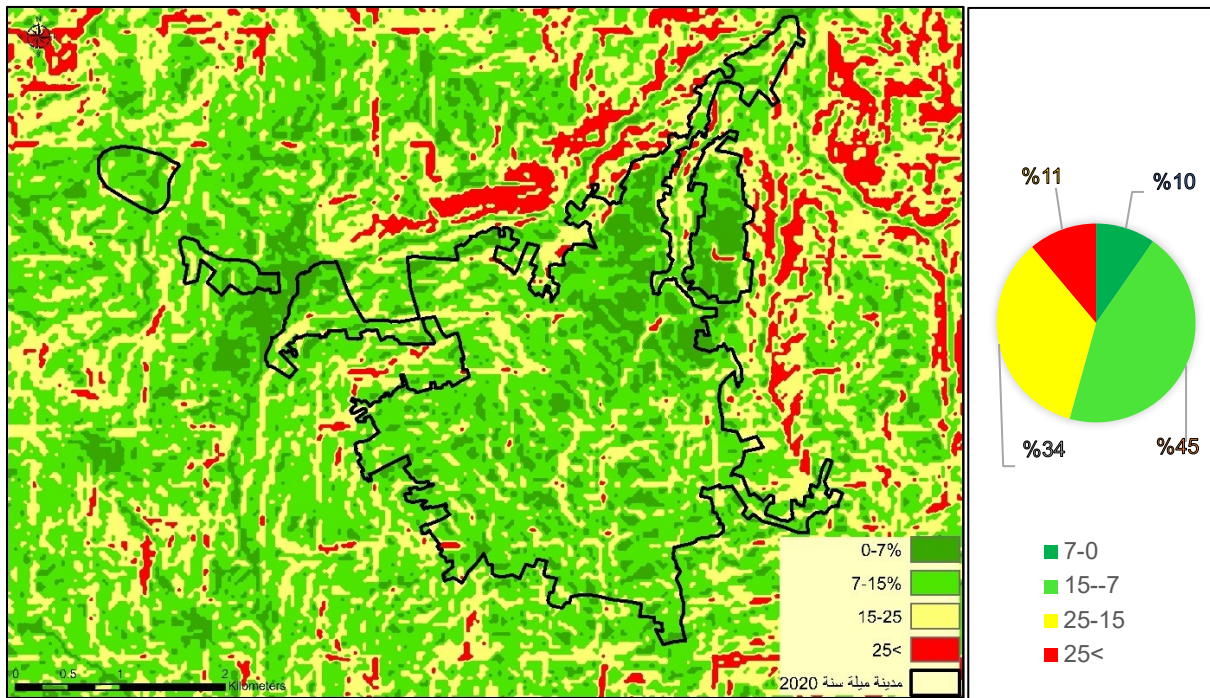
و58% في المناطق ذات الانحدار بين 0-7% و7-15% على الترتيب. ارتفع مجددا تأثير الانحدارات في الفترة بين 2008-2020 لتبلغ نسبة الأرجحية 0,69 أي أن احتمالية التوسع العمراني في المناطق قليلة الانحدار ارتفعت إلى 45%، يفسر ذلك من خلال نسبة توزيع التوسع العمراني على فئات الانحدار المقدر بـ 14% بالنسبة للانحدارات بين 0-7% و57% في المناطق ذات الانحدار بين 7-15% (شكل رقم 39). تظهر النتائج أن مدينة ميله توسعت في المناطق التي نسبة انحدارها تقل عن 15% في الفترة بين 1987-2020، والتي تمثل الفئة السائدة بالنسبة للانحدارات في المدينة (خريطة رقم 19).

الشكل رقم 39: توزيع التوسع العمراني على فئات الانحدار في الفترة بين 1987-2020.



المصدر: مطابقة خرائط التوسع وخريطة الانحدارات لمدينة ميله، أنجزت من طرف الباحث.

خريطة رقم 19: توزيع الانحدارات داخل المجال العمراني لمدينة ميله.



المصدر: أنجزت من طرف الباحث بالإعتماد على SRTM

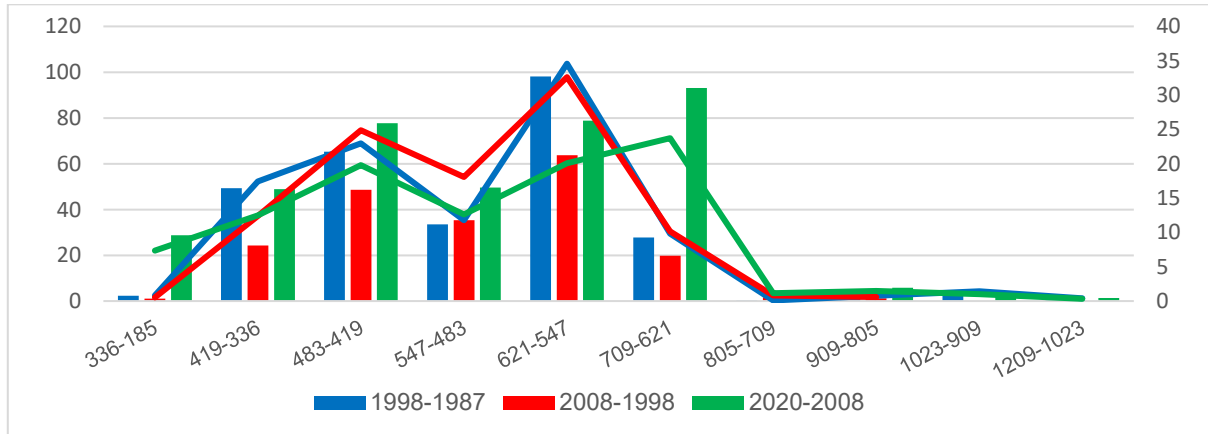
من خلال ما سبق نستنتج أن التوسع العمراني لمدينة ميله يجذب إلى الانحدارات التي تقل عن 15%، ويتجنب الانحدارات التي تفوق هذه النسبة. وبالتالي، يمكننا القول أن الانحدارات الأكبر من 15% تمثل عائق للتوسع في مدينة ميله خاصة في الجهة الشمالية الغربية والشرقية والجنوبية الشرقية، والتي ساهمت في تحديد اتجاهات التوسع الموضحة سابقاً.

2.1. الارتفاعات:

تمثل الارتفاعات عنصراً مهماً في تحديد الشكل العمراني وتحديد اتجاهات التوسع، حيث تبرز أهم العوائق الطبيعية في وجه التوسع العمراني. حسب نتائج نموذج الانحدار فإن الارتفاعات ترتبط بالتوسع العمراني لمدينة ميله بشكل طردي أي أن الزيادة في الارتفاع تقابلها الزيادة في احتمالية التوسع. حيث قدرت معاملات الانحدار 0,47، 0,56 و 0,17 أي أن احتمالية التوسع العمراني ترتفع بـ 60%، 75% و 19% في الفترات بين 1987-1998، 1998-2008 و 2008-2020 على الترتيب.

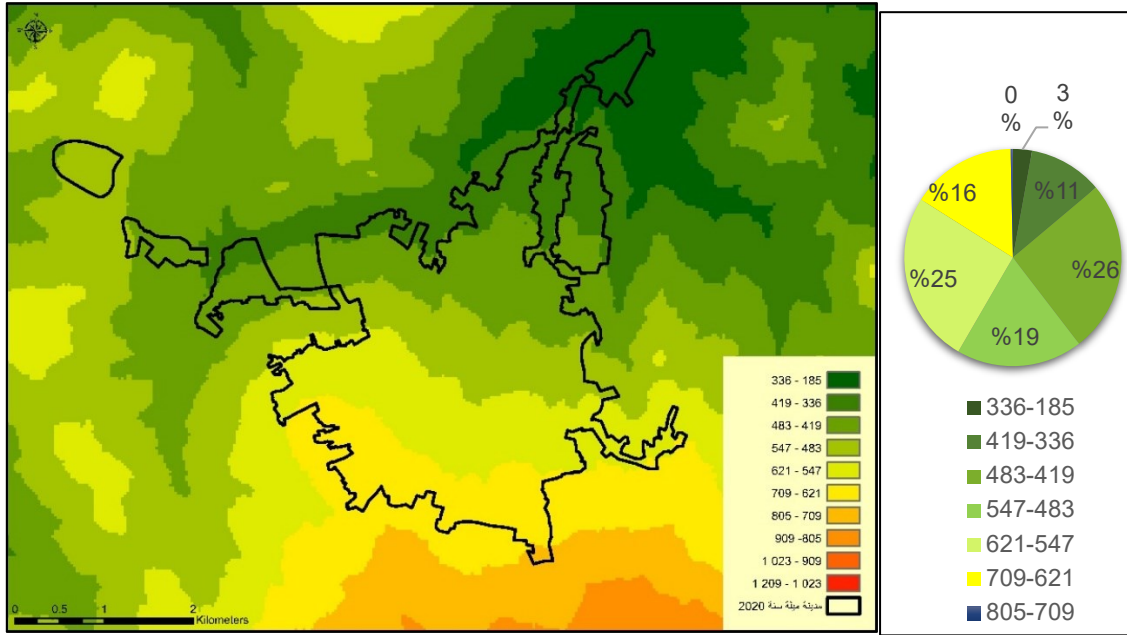
تظهر نتائج النموذج أن التوسع العمراني يفضل المناطق المرتفعة، حيث تتركز معظم التوسعات بين سنة 1987-2020 في المناطق التي يتراوح ارتفاعها بين 336م و 709م (شكل رقم 40). أثر الارتفاع بشكل كبير على التوسع العمراني في الفترة بين 1987-2008 حيث ارتفعت احتمالية التوسع العمراني بشكل كبير بزيادة الارتفاع، يعل ذلك من خلال اتجاه التوسع العمراني في هذه الفترة نحو الجهة الغربية، الجنوبية الغربية، الجنوبية والجنوبية الشرقية التي تقع في مناطق مرتفعة بالنسبة للنسيج الحضري القديم. تناقص تأثير الارتفاع على التوسع العمراني في الفترة الأخيرة 2008-2020 لتوجه جزء من التوسع نحو الأراضي المنخفضة حيث أظهرت النتائج السابقة توجهه نحو الجهة الشمالية الشرقية التي تقع على مستوى منخفض مقارنة بالجهات الأخرى (خريطة رقم 20).

الشكل رقم 40: توزيع التوسع العمراني بالنسبة لفئات الارتفاع في الفترة بين 1987-2020.



المصدر: مطابقة خرائط التوسع وخريطة الارتفاعات لمدينة ميله، أنجزت من طرف الباحث.

خريطة رقم 20: توزيع الارتفاعات داخل المجال العمراني لمدينة ميله.



المصدر: المصدر: أنجزت من طرف الباحث بالاعتماد على SRTM

3.1. المسافة إلى الشعب:

تعتبر المسافة إلى الشعب أقل العوامل تأثيراً خلال فترة الدراسة إجمالاً، يرتبط هذا المتغير بالتوسع العمراني بشكل عكسي أي أن القرب من الشعب يرفع من احتمالية التوسع العمراني. رغم ضعف العلاقة إلا أن الشعب في مدينة ميله لعبت دوراً مهماً في توطن التوسعات خاصة في الفترة بين 1987-2008، حيث تستعمل لتصريف مياه الصرف الصحي بطريقة عشوائية. تغير الوضع بشكل كبير في الفترة بين 2008-2020 حيث تم توصيل مختلف التوسعات بشبكات صرف المياه القذرة إلا أنه توجد بعض المناطق المستعصية التوصيل والتي تستمر في استعمال الشعب لتصريف المياه القذرة.

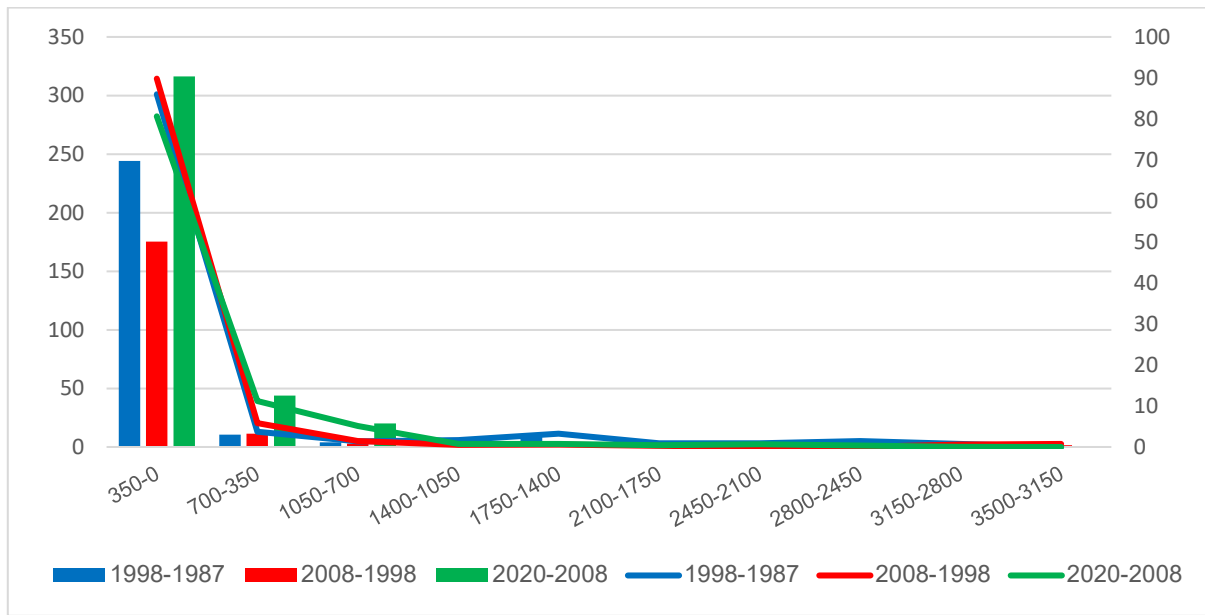
4.1. المسافة إلى النسيج العمراني:

تعد المسافة إلى النسيج العمراني القائم من أهم العوامل التي تساعد في تحديد نوع التوسع ومعرفة مدى استمرارية النسيج العمراني. يظهر النموذج أن العلاقة بين التوسع العمراني والمسافة إلى النسيج العمراني عرفت اختلافاً واضحاً بين فترة 1987-1998 بمعامل انحدار إيجابي بلغ 0,39 والذي يعبر عن علاقة طردية بين زيادة المسافة إلى النسيج العمراني القائم وزيادة حجم التوسع، حيث تقدر نسبة احتمالية الزيادة بـ 48%، أي أن التوسع يجذب إلى المناطق الأبعد عن المناطق المعمره. عكس ذلك، اتخذت العلاقة بين التوسع والمسافة إلى الكتلة المبنية اتجاهاً عكسياً في الفترة بين 2008-2020، حيث ارتبطت الزيادة في احتمالية التوسع العمراني بالقرب من المجال المعمر والذي يعبر عن العلاقة بمعامل

الانحدار حيث قدر بـ 0,33- ونسبة أرجحية مقدرة بـ 0,72 أي أن المناطق الأقرب للنسيج العمراني ترتفع احتمالية توسعها بـ 38%. كما يوضح النموذج عدم وجود علاقة بين المسافة إلى النسيج الحضري والتوسع العمراني في الفترة بين 1998-2008.

يظهر الشكل رقم 41 كمية التوسع بالنسبة للمسافة إلى المنطقة المعمرة حيث يوضح الاختلاف في توزيع التوسع خاصة في الفترة بين 1987-1998 التي تميزت بتوسعات بعيدة عن النسيج الحضري بمسافة 1,7 كلم، حيث توضح النتائج السابقة أن اختيارات ونوع التوسع في مدينة ميله تميز بظهور الشكل الزاحف (الممتد). عكس الفترة بين 2008-2020 التي توسعت في المناطق القريبة من النسيج القائم، حيث تميزت هذه الفترة بتشكيل كتلة عمرانية منتظمة نتيجة محافظة التوسعات الجديدة على استمرارية النسيج العمراني القائم.

الشكل رقم 41: توزيع التوسع العمراني بالنسبة للمسافة إلى النسيج الحضري.



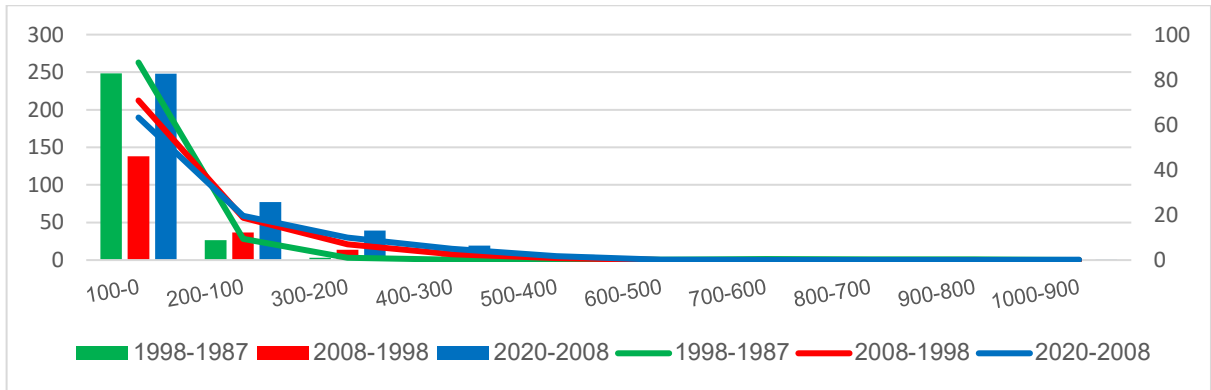
المصدر: مطابقة خرائط التوسع وخرائط المسافات إلى النسيج العمراني من سنة 1987 إلى 2008، أنجز من طرف الباحث.

5.1. المسافة إلى الطرق:

تمثل المسافة إلى الطرق أهم وأكبر العوامل تأثيراً على التوسع العمراني لمدينة ميله، ففي الأساس تمثل الطرق الشرايين الرئيسية للديناميكية الحضرية. يظهر النموذج أن المسافة إلى الطرق ترتبط بالتوسع العمراني بعلاقة سلبية (عكسية) من خلال معاملات الانحدار المقدرة بـ 0,88-، 0,71-، و0,36- لكل من الفترات بين 1987-1998، 1998-2008، و2008-2020 على الترتيب.

عرفت الفترة بين 1987-1998 أكبر تأثير للطرق على التوسع العمراني، بحيث أن احتمالية التوسع العمراني تزيد بـ 2,42 مرة مقارنة بالمناطق الأبعد عن الطرق، حيث توضح هذه النتائج تركيز غالبية التوسع العمراني في هذه الفترة توطن ضمن حدود مسافة 200م عن الطرق. انخفض تأثير الطرق على التوسع في الفترة بين 1998-2008 بشكل بسيط، حيث انخفضت احتمالية التوسع العمراني في المناطق القريبة من الطرق لتبلغ ضعف احتمالية التوسع في المناطق الأبعد عنها. تعكس هذه النتائج أن غالبية التوسع العمراني في هذه الفترة امتد إلى حدود 300م بالنسبة للطرق، ففي الفترة الأخيرة بين 2008-2020 انخفض تأثير الطرق بشكل كبير على التوسع حيث أن احتمالية التوسع في المناطق الأقرب إلى الطرق قدرت بـ 1,43 مرة أكبر من المناطق الأبعد عنها، حيث توسعت المدينة في حدود 500م الأقرب منها (شكل رقم 42).

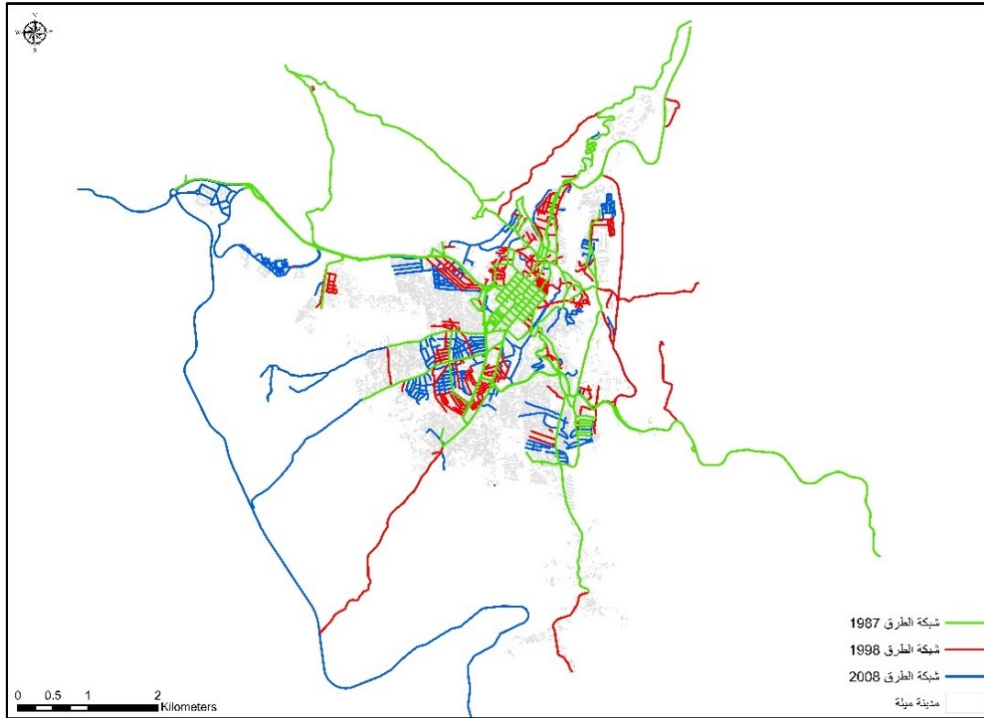
الشكل رقم 42: توزيع التوسع العمراني بالنسبة للمسافة إلى الطرق.



المصدر: مطابقة خرائط التوسع وخرائط المسافات إلى الطرق من سنة 1987 إلى 2008، أنجز من طرف الباحث.

تعكس هذه النتائج عدم مواكبة سرعة توسع شبكة الطرق للتوسع العمراني للمدينة حيث يمكننا القول أن أكبر الأسباب يرجع لطبيعة التوسع بحد ذاته حيث توسعت مدينة ميلة نتيجة البناء الفوضوي بوتيرة سريعة ما منع صناع القرار من توفير مختلف الشبكات كرادع لهذه العملية لكن دون جدوى، تسبب الارتفاع المستمر للتوسعات الفوضوية في حدوث نقص فادح في تغطية مختلف الشبكات وعلى رأسها شبكة الطرق (خريطة رقم 21).

خريطة رقم 21: توسع شبكة الطرق في مدينة ميله.



المصدر: أنجز من طرف الباحث بالاعتماد على OpenStreetMap, Esri

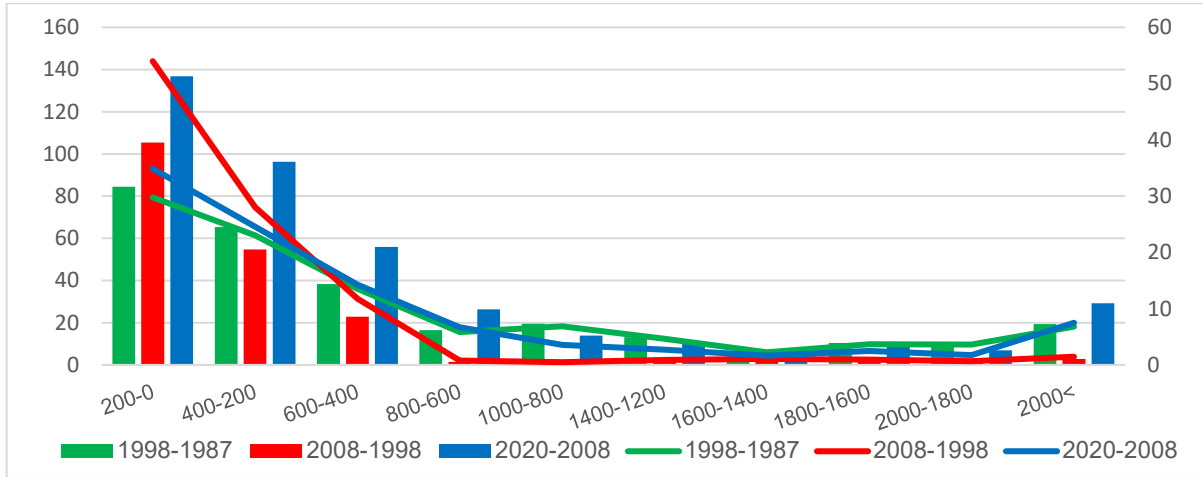
6.1. المسافة إلى خطوط النقل:

تعتبر خطوط النقل من أهم العوامل المؤثرة في التوسع العمراني، حيث توفر الوصولية لمختلف الجهات داخل وخارج المدينة. يعتبر توفر النقل من الخيارات الأساسية للتوسعات الجديدة التي تعتمد بشكل كبير على الخدمات التي توفرها المدينة الأم ومركز المدينة بالخصوص. تظهر نتائج دراستنا أن المسافة إلى خطوط النقل تمثل أحد أهم العوامل المؤثرة في التوسع العمراني، حيث يظهر النموذج وجود علاقة عكسية بينهما تعبر عنها معاملات الانحدار المقدر بـ $-0,35$ ، $-0,48$ و $-0,34$ للفترة الزمنية بين 1987-1998، 1998-2008 و 2008-2020 على الترتيب.

شهدت الفترة بين 1998-2008 أكبر تأثير لخطوط النقل على التوسع العمراني لمدينة ميله، يظهر ذلك من خلال ارتفاع احتمالية التوسع العمراني في المناطق القريبة من خطوط النقل نسبة الأرجحية المقدر بـ 1,61 مرة أكبر من المناطق الأبعد عن خطوط النقل. شهدت هذه الفترة من الدراسة أفضل تغطية للمدينة من حيث شبكة النقل حيث واكب توسع الشبكة التوسع الكبير في مجال المدينة في الفترة السابقة في كل من الجهة الجنوبية الشرقية والجهة الغربية، حيث بلغت نسبة التوسع في المناطق التي تقع ضمن حدود مسافة 600م من خطوط النقل بـ 93% من التوسع الكلي في هذه الفترة. أما في كل من الفترة بين 1987-1998 والفترة بين 2008 و 2020 فقد تساوى مستوى تأثير خطوط النقل على التوسع العمراني، حيث أن

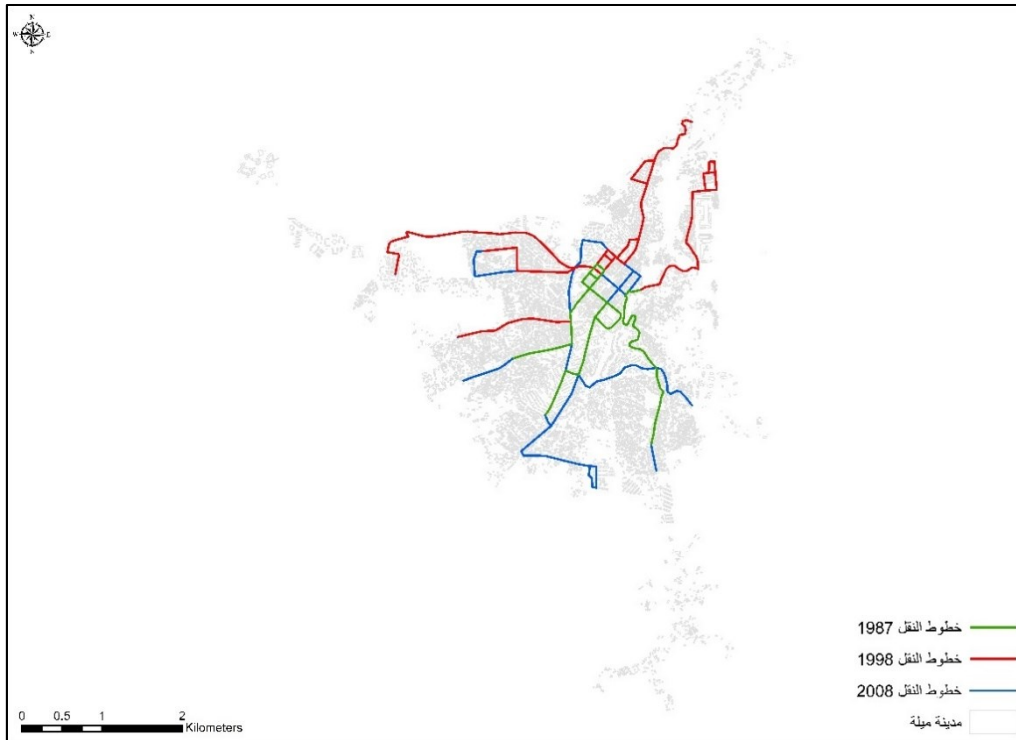
احتمالية التوسع العمراني في المناطق القريبة من خطوط النقل أكبر بـ 1,43 مرة من احتمالية التوسع في المناطق الأبعد عن خطوط النقل، حيث أن نسبة التوسع في حدود 600م بلغت 66% و73% على الترتيب من التوسع الكلي في الفترتين. تعكس هذه النتائج انخفاض التغطية لخطوط النقل بالنسبة للمجال الحضري نتيجة توسعه بشكل عشوائي وغير مخطط (شكل رقم 43 وخريطة رقم 22).

الشكل رقم 43: توزيع التوسع العمراني بالنسبة للمسافة إلى خطوط النقل في مدينة ميلة.



المصدر: مطابقة خرائط التوسع والمسافات إلى الخطوط النقل من سنة 1987 إلى 2008، أنجز من طرف الباحث.

خريطة رقم 22: توسع شبكة النقل لمدينة ميلة في الفترة بين 1987 إلى 2020.

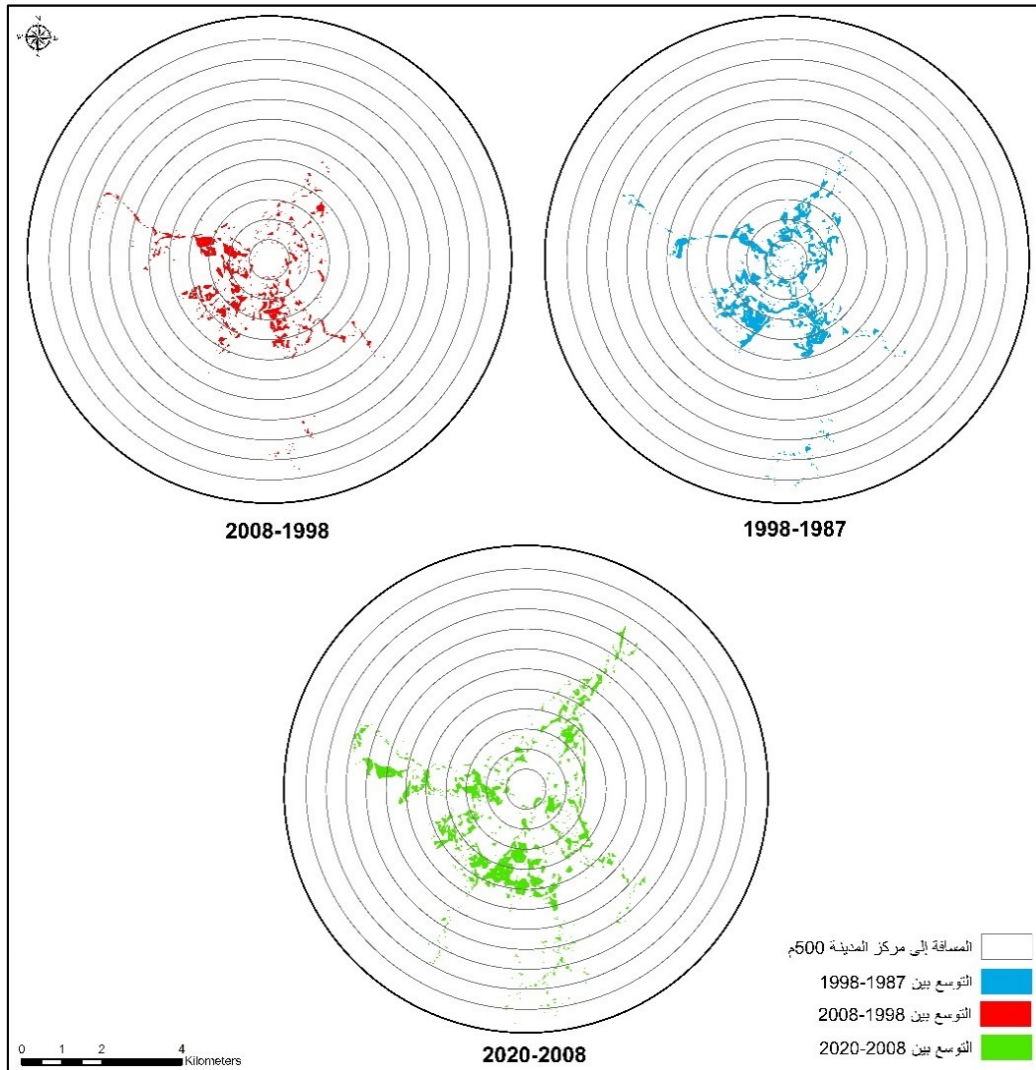


المصدر: (Adjeroud, 2019)

7.1. المسافة إلى مركز المدينة:

يعد مركز المدينة خاصة في المدن الجزائرية نقطة تجمع مختلف الأنشطة الحضرية (تجارة، خدمات...)، تعد المناطق القريبة من المركز أكثر الأماكن المرغوبة للتوسع لتوفر مختلف متطلبات الحياة. تظهر نتائج النموذج أن التوسع العمراني تأثر بالمسافة إلى مركز المدينة بشكل كبير في مختلف فترات الدراسة، إلا أن اتجاه العلاقة عرف اختلافا واضحا، حيث تأثر التوسع العمراني للمدينة في الفترة بين 1987-2008 بجاذبية المركز والذي يتجلى من خلال قيمة معامل الانحدار الذي عرف منحى تصاعديا خلال هذه الفترة والمقدر بـ 0,38 و-0,58 لكل من الفترة بين 1987-1998 و1998-2008. عكس ذلك، فقد عرفت الفترة الأخيرة بين 2008-2020 توجه التوسع العمراني نحو المناطق الأبعد عن مركز المدينة (خريطة رقم 23).

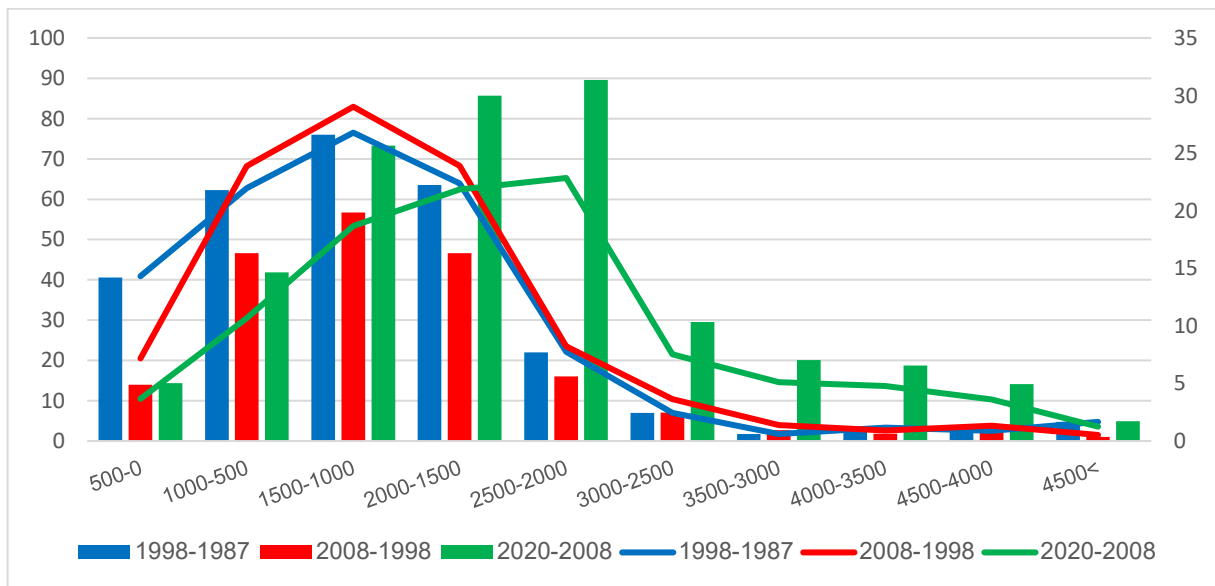
خريطة رقم 23: توزيع التوسع العمراني بالنسبة للمسافة إلى مركز مدينة ميلة.



المصدر: أنجزت من طرف الباحث.

قدرت احتمالية التوسع العمراني في الفترة بين 1987-1998 في المناطق الأقرب إلى مركز المدينة بـ 1,47 مرة أكبر من المناطق البعيدة عنه، حيث بلغت نسبة التوسع في المناطق التي تقع ضمن حدود مسافة 3000م عن مركز المدينة بـ 95% من التوسع الكلي 15% منها في مسافة 500م في نفس الفترة، وذلك نتيجة لصغر حجم ميله وتوفر العقار حول مركزها. ارتفعت احتمالية التوسع العمراني بشكل أكبر في الفترة التي تليها (1998-2008) في المناطق الأقرب من المركز حيث قدرت بـ 1,66 مرة أكبر من المناطق الأبعد عن مركز المدينة. قدرت نسبة التوسع العمراني داخل مجال 3000م من مركز ميله بـ 96% من التوسع الكلي لها 7% منها في مسافة 500م من المركز، حيث عرفت هذه المرحلة استمرارية في التوسع بالقرب من المركز لتوفر العقار الشاغر. انعكس اتجاه العلاقة بين التوسع العمراني ومركز ميله، حيث أن احتمالية التوسع العمراني في المناطق الأقرب إلى مركزها تقل بـ 1,20 مرة عن المناطق الأبعد عنه. قدرت نسبة التوسع داخل مجال 3000م من مركز المدينة بـ 75% من التوسع الكلي، تميزت هذه الفترة باستمرارية التوسع في المنطقة الشمالية والغربية للمدينة بعيدا عن المركز نتيجة لعدم وجود أوعية عقارية متوفرة لاستيعاب التوسعات الجديدة (شكل رقم 44).

الشكل رقم 44: توزيع التوسع العمراني بالنسبة للمسافة إلى مركز مدينة ميله.



المصدر: مطابقة خرائط التوسع وخرائط المسافات إلى مركز المدينة من سنة 1987 إلى 2008، أنجزت من طرف الباحث.

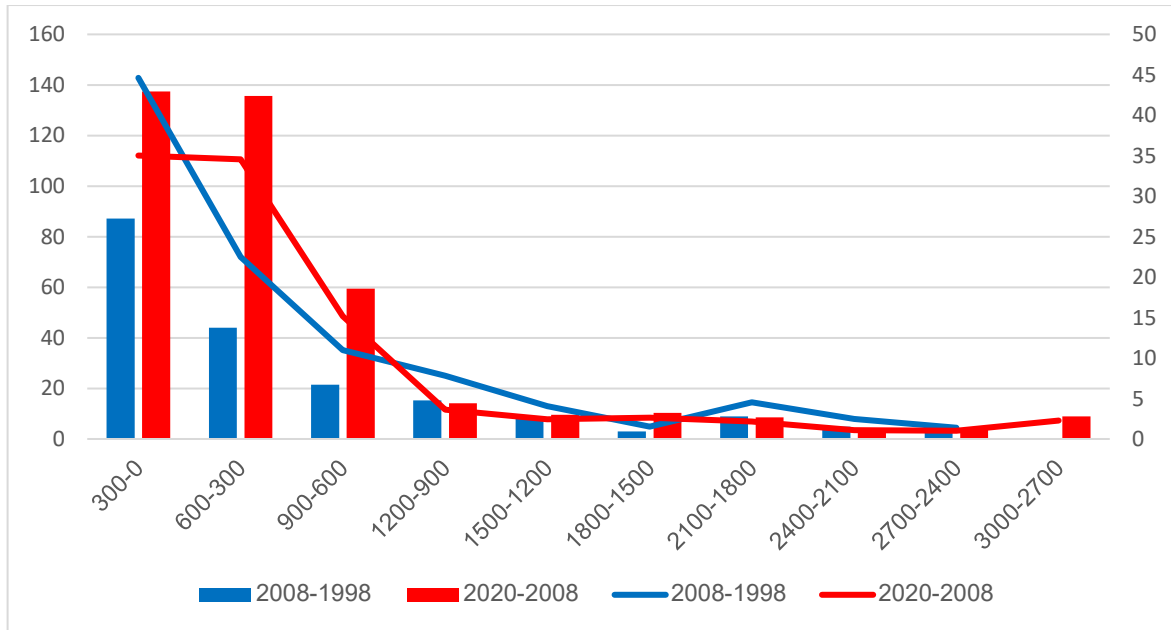
8.1. المسافة إلى التجهيزات:

لا شك أن التجهيزات العمومية باختلاف أصنافها تشكل نقاط جذب للسكان، حيث توفر إمكانية الوصول إلى مختلف الخدمات كما ترفع من قيمة العقار. تركزت أغلب التجهيزات في مركز المدينة في

الفترة بين 1987-1998 لكن لم يتمكن من إدخالها في النموذج لعدم تمكننا من تحديدها مكانيا وذلك بسبب التغيرات في وظيفتها وأماكنها.

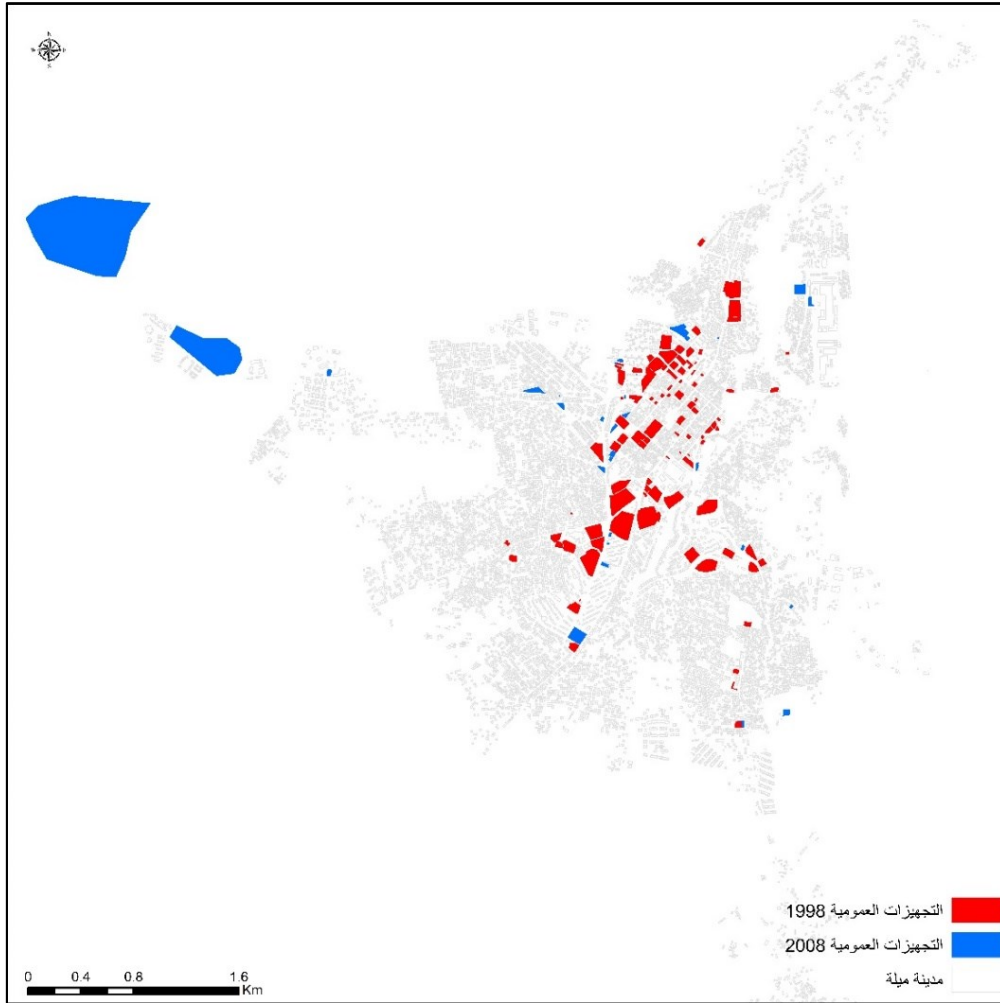
حسب نتائج النموذج فقد عرفت العلاقة بين التوسع العمراني والمسافة إلى التجهيزات العمومية اختلافا كبيرا في الفترة بين 1998-2008 و 2008-2020، حيث أن احتمالية التوسع العمراني في الفترة بين 1998-2008 في المناطق البعيدة عن التجهيزات أكبر بـ 42% من المناطق الأقرب إليها، حيث أن نسبة التوسع في هذه الفترة عرفت منحى تنازليا حادا معبر عنه بـ 44%، و 22% و 11% في مسافة 300م، 600م و 900م عن التجهيزات، عبرت هذه النتائج التوزيع الغير عادل للتجهيزات العمومية التي تتركز معظمها في مركز المدينة. انعكس تأثير التجهيزات العمومية على التوسع العمراني في الفترة بين 2008-2020 حيث ارتفعت احتمالية التوسع العمراني في المناطق الأقرب إليها والمقدرة بـ 12% أكبر من المناطق الأبعد عن التجهيزات، فقد عرفت نسبة التوسع استقرارا في المناطق الأقرب منها والمقدرة بـ 70% من التوسع الكلي في المناطق ضمن حدود 600م من التجهيزات العمومية، تعكس هذه النتائج سياسية التوزيع العادل للتجهيزات عبر مختلف جهات المدينة (خريطة رقم 24 وشكل رقم 45).

الشكل رقم 45: توزيع التوسع العمراني لمدينة ميلة بالنسبة للمسافة إلى التجهيزات العمومية.



المصدر: مطابقة خرائط التوسع وخرائط المسافات إلى التجهيزات العمومية لكل من سنة 1998 و 2008، أنجز من طرف الباحث.

خريطة رقم 24: توزيع التجهيزات في مدينة ميله.



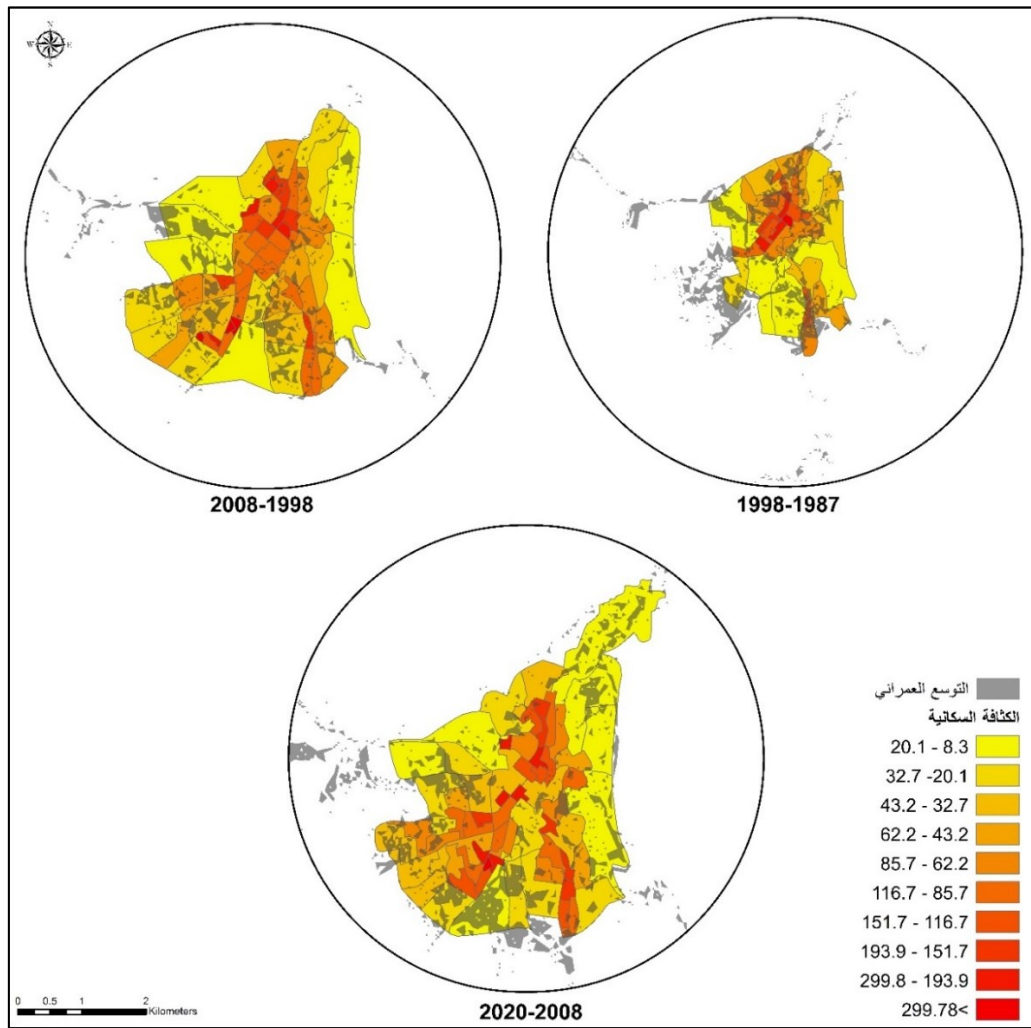
المصدر: أنجزت من طرف الباحث بالاعتماد على معطيات OSM

9.1. كثافة السكان:

لا شك في أن عامل الكثافة السكانية يمثل أحد أهم العوامل المؤثرة على التوسع العمراني، حيث أن توزيع السكان داخل المجال العمراني يحدد حجم التوسع ومقداره. بصورة أخرى، فالتوزيع الغير متجانس للسكان من حيث العدد ينتج أشكال التوسع المختلفة من ممتد أو مدمج، تتجذب التوسعات الجديدة في الغالب إلى المناطق الأكثر كثافة سكانيا وذلك لتوفرها على مختلف المرافق الضرورية للحياة. يظهر النموذج أن ارتفاع الكثافة السكانية يشكل عامل جذب للتوسع العمراني في مدينة ميله، حيث تظهر معاملات الانحدار العلاقة الطردية بين الزيادة في الكثافة السكانية وارتباطها بالزيادة في احتمالية التوسع والمقدرة بـ 0,43، 0,31 و 0,37 في كل من الفترة بين 1998-1987، 2008-1998 و 2020-2008 على الترتيب.

عرفت الفترة الأولى من 1987 إلى 1998 أعلى معدل تأثير للكثافة السكانية على التوسع العمراني، حيث أن احتمالية التوسع العمراني في المناطق المرتفعة الكثافة تزيد بـ 54% عن احتمالية التوسع في المناطق الأقل كثافة سكانياً. اخفض تأثير هذا العامل على التوسع العمراني في الفترة المولوية بين 1998 و2008 حيث أن احتمالية التوسع في المناطق الأكثر كثافة سكانياً أكبر بـ 36% مقارنة بالمناطق الأقل كثافة. ارتفعت مجدداً احتمالية التوسع العمراني في المناطق المرتفعة الكثافة في الفترة بين 2008-2020 لتزيد عن 45% بالنسبة لاحتمالية التوسع في المناطق الأقل كثافة (خريطة رقم 25).

خريطة رقم 25: التوسع العمراني بالنسبة للكثافة السكانية في مدينة ميله.



المصدر: أنجزت من طرف الباحث بالاعتماد على معطيات الديوان الوطني للإحصاء + مكتب الإحصاء بلدية ميله.

تظهر هذه النتائج أن التوسع العمراني يتأثر بشكل كبير بالمحددات الطبوغرافية والسوسيو-اقتصادية، إلا أن هذه النتائج غير كافية للإجابة عن التساؤل المطروح في الدراسة نظراً لغياب أحد أهم المحددات المتمثلة في محددات السياسة العمرانية.

10.1. محددات السياسة العمرانية:

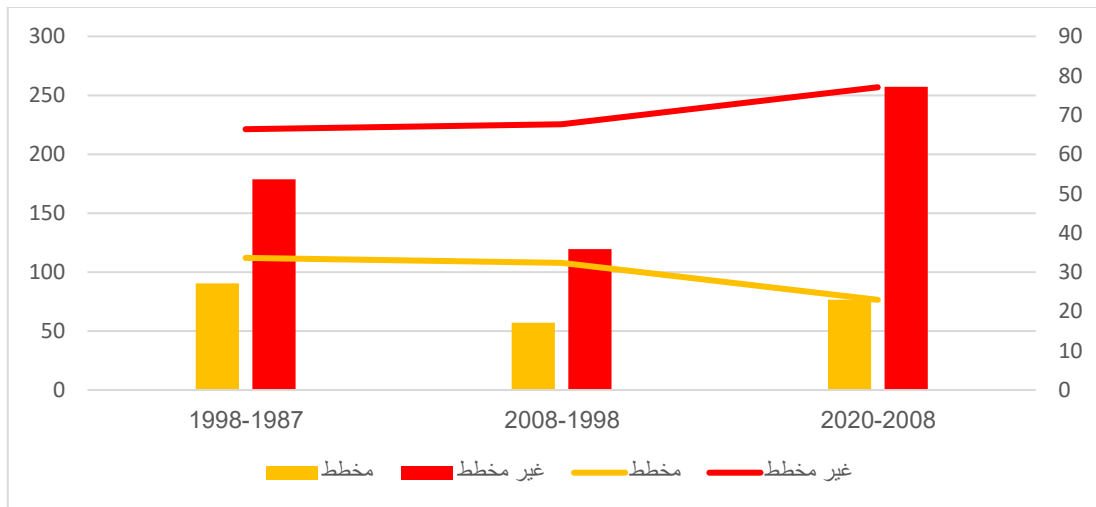
لم يتم إدراج محددات السياسة العمرانية في نموذج الانحدار لأسباب تقنية، إلا أن تحليلها يعد من أهم الخطوات في دراستنا خاصة وفي أي دراسة تتناول التوسع العمراني في الجزائر الذي يخضع بشكل مباشر للقرارات السياسية المترجمة في قوانين ومراسيم تنظيمية. استعملنا كل من الطبيعة القانونية للتعمير وطبيعة الملكية العقارية كمتغيرات تعكس السياسة العمرانية المنتهجة من قبل الدولة، تم استخدام التحليل المكاني في نظم المعلومات الجغرافية لمطابقة خرائط التوسع مع مخططات التعمير وخريطة الملكية العقارية وفيما يلي نستعرض النتائج المتوصل إليها.

1.10.1. الطبيعة القانونية للتعمير:

تظهر الطبيعة القانونية للتعمير مدى نجاعة التسيير الحضري وتطبيق المخططات العمرانية على أرض الواقع. قمنا بمطابقة مجموع خرائط التوسع لمدينة ميلة في الفترة بين 1987-2020 للتحقق من واقع التخطيط الحضري حيث توصلنا إلى أن التوسع العمراني تميز بطابع غير مخطط منذ سنة 1987 إلى غاية 2020، كما هو موضح في الخريطة رقم 26.

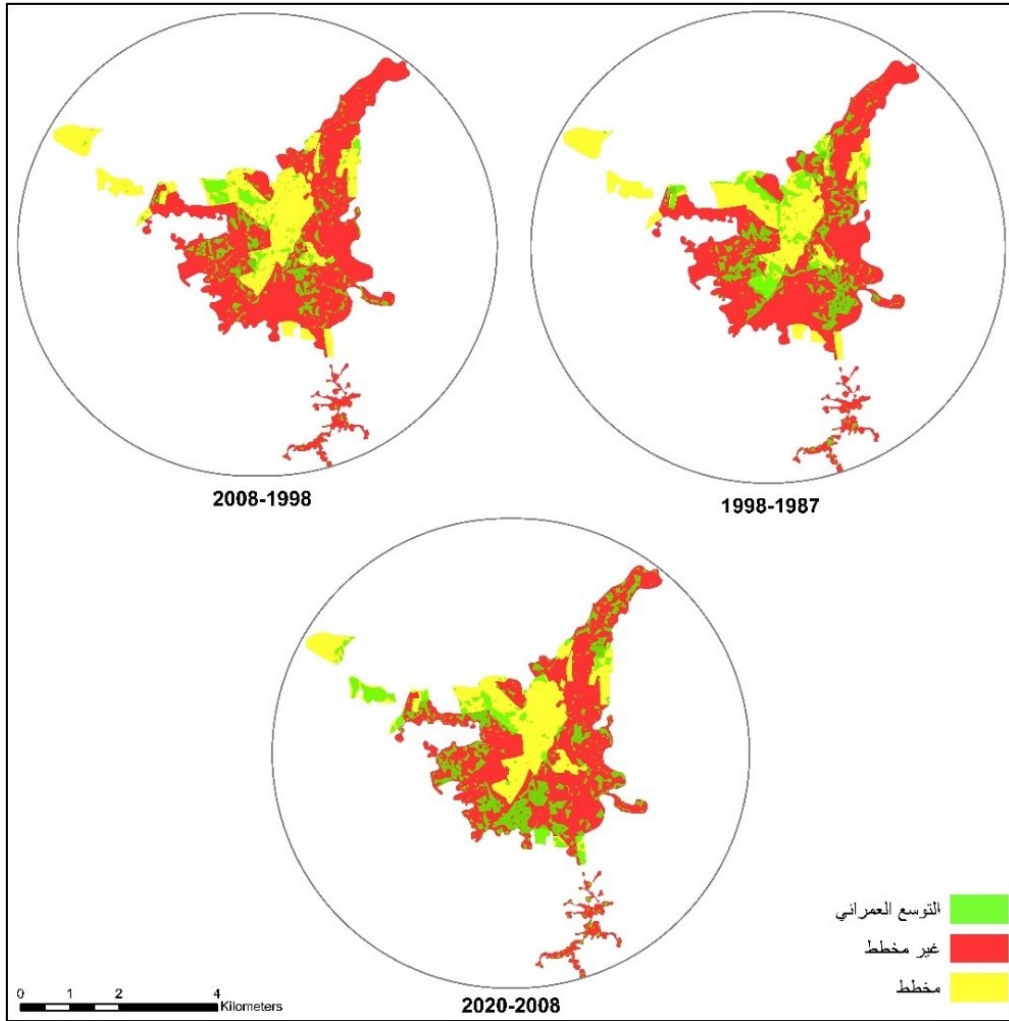
توسعت مدينة ميلة في الفترة بين 1987-1998 بشكل غير مخطط حيث بلغت نسبه ضعف نسبة التوسع المخطط بـ 66% أي 178,84 هـ مقابل 33% أي 90,59 هـ، نفس الأمر ينطبق على الفترة التي تليها حيث تمثل نسبة التوسع الغير مخطط ضعف نسبة التوسع المخطط بـ 68% أي 119,60 هـ مقارنة بـ 32% أي 57,15 هـ. وقد برز هذا النوع من التوسع بشكل أكبر في الفترة بين 2008-2020، حيث بلغت نسبته 77% مشكلا أعلى نسبة في جميع مراحل الدراسة، كما هو موضح في الشكل رقم 46.

الشكل رقم 46: نسبة التوسع المخطط والغير مخطط لمدينة ميلة في الفترة بين 1987-2020.



المصدر: مطابقة خرائط التوسع وخريطة الطبيعة القانونية للتعمير.

خريطة رقم 26: الطبيعة القانونية التوسع العمراني لمدينة ميله في الفترة بين 1987-2020.



المصدر: مطابقة خرائط التوسع وخريطة الطبيعة القانونية للتعمير.

من خلال هذه النتائج يمكننا القول أن التعمير الغير مخطط يمثل أحد أهم العوامل الدافعة للتوسع العمراني في مدينة ميله.

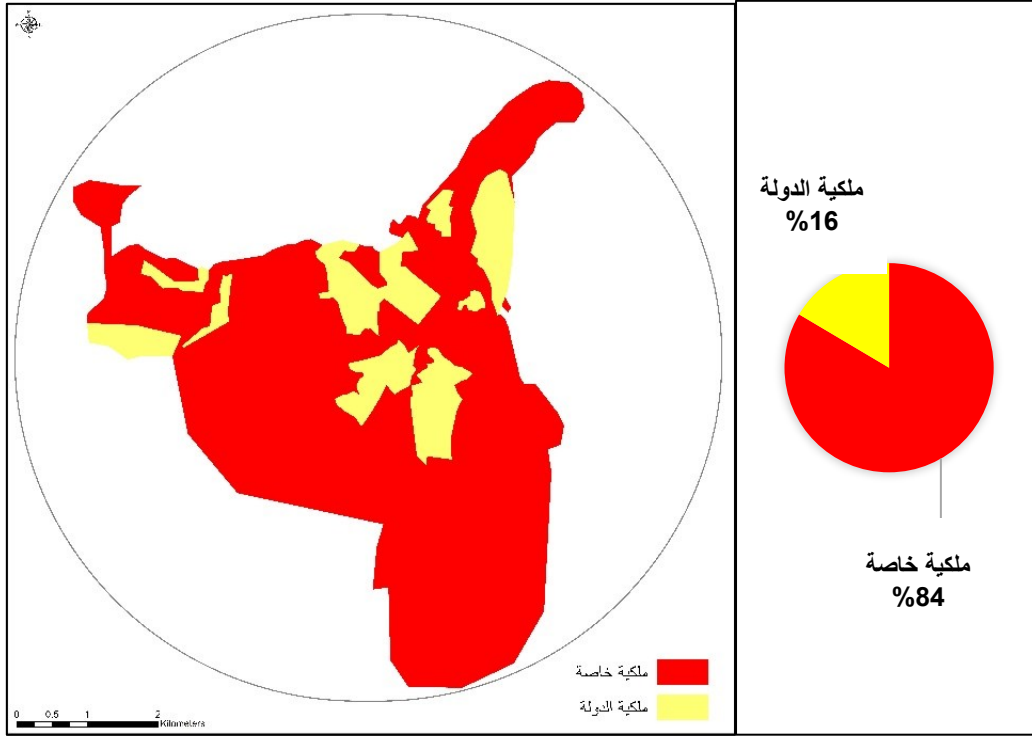
2.10.1. طبيعة الملكية العقارية:

ترتبط التخطيط العمراني في مدينة ميله بشكل مباشر مع الملكية العقارية داخل المجال العمراني، حيث أن 90% من التوسع المخطط يقع ضمن أراضي تابعة للبلدية وأملاك الدولة. تمثل نسبة الأراضي التابعة للخواص في مدينة ميله 84% من المجال الحضري وبالتالي فهي تعيق عملية التخطيط الحضري، حيث تتوزع كما هو موضح بالخريطة رقم 27.

توسعت مدينة ميله في الفترة بين 1987-1998 بشكل متجانس مع الطبيعة القانونية للتعمير حيث أن نسبة التوسع ضمن الأراضي التابعة للخواص بلغت 62%، في الفترة التي تليها بلغت نسبة 61%، أما

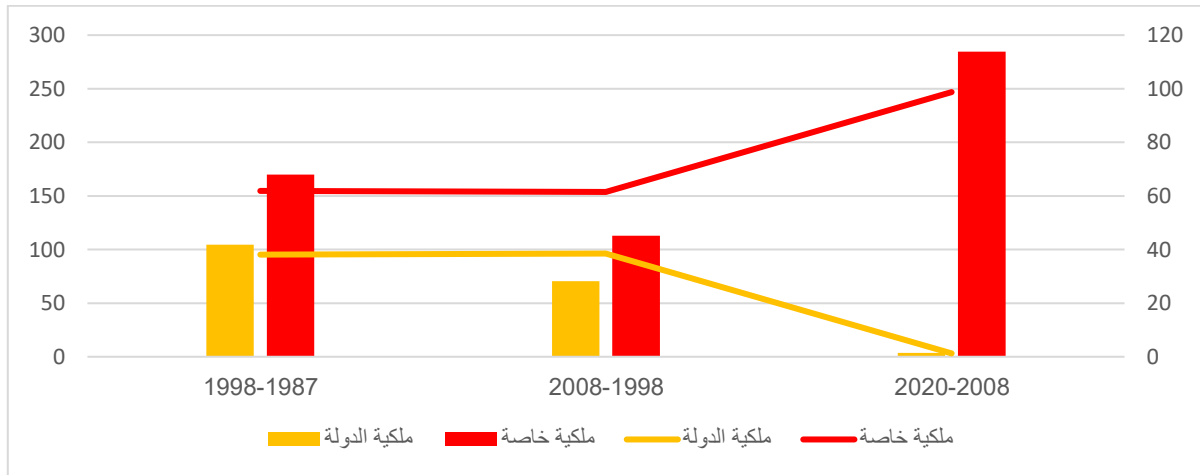
في الفترة بين 2008-2020 فإن مجمل التوسع العمراني لمدينة ميلة على أراضي تابعة للخواص بنسبة 99%، كما هو موضح في الشكل رقم 47.

خريطة رقم 27: طبيعة الملكية العقارية في مدينة ميلة.



المصدر: البلدية، مديرية أملاك الدولة ومسح الأراضي.

الشكل رقم 47: نسبة التوسع على الأراضي التابعة للدولة والأراضي التابعة للخواص.



المصدر: مطابقة خرائط التوسع وخريطة طبيعة الملكية العقارية.

توضح هذه النتائج أن التوسع العمراني في مدينة ميلة يرتبط بشكل كبير بالملكية العقارية التابعة للخواص، والتي تحتل أغلبية المجال العمراني للمدينة.

خلاصة المحور:

تناول هذا المحور العلاقة بين التوسع العمراني لمدينة ميله ومجموعة من المحددات الطبوغرافية والاجتماعية-الاقتصادية. استخدمت الدراسة نموذج الانحدار اللوجستي الثنائي لتحليل تأثير هذه المحددات على التوسع العمراني خلال ثلاث فترات زمنية (1987-1998، 1998-2008، 2008-2020).

أظهرت النتائج أن العوامل الطبوغرافية، مثل الانحدار والارتفاع، تؤثر بشكل كبير على التوسع، حيث تفضل التوسعات المناطق ذات الانحدار المنخفض والارتفاعات المتوسطة. بينما كان تأثير المسافة إلى الشعب والنسيج العمراني متبايناً بين الفترات، حيث شهدت الفترة بين 1987-2008 توسعات بعيدة عن النسيج، بينما تحولت التوسعات في الفترة الأخيرة إلى المناطق الأقرب.

المسافة إلى الطرق وخطوط النقل كانت من أبرز العوامل المؤثرة، حيث ارتبطت العلاقة سلباً بالتوسع العمراني. كما أثبتت الكثافة السكانية دورها كعامل جذب رئيسي للتوسع، مع تباين تأثيرها بين الفترات الزمنية.

شكلت السياسة العمرانية أهم العوامل الدافعة للتوسع العمراني في مدينة ميله، من خلال التعمير الغير مخطط والملكية العقارية التابعة للخواص.

تظهر النتائج أيضاً قدرة النماذج الإحصائية ونظم المعلومات الجغرافية على تحديد العلاقات بين التوسع العمراني ومحدداته. إن تحليل ديناميكية التوسع العمراني مع فهم العوامل المؤثرة يمكّن من تطوير سيناريوهات مستقبلية دقيقة، مما يساعد في رسم استراتيجيات تخطيط حضري فعالة تتناسب مع الاحتياجات المستقبلية لمدينة ميله، وهذا ما سيتم عرضه في المحور الثالث.

المحور الثالث: محاكات التوسع المستقبلي.

مقدمة المحور:

تعتبر محاكات التوسع العمراني من أهم الخطوات لنمذجة التوسع المستقبلي، حيث تعتمد هذه العملية على خرائط استعمالات الأرض لفترتين زمنيتين ماضيتين على الأقل لمحاكات التوسع العمراني لفترة زمنية مستقبلية. استعملنا في دراستنا كل من خريطتي استخدامات الأرض لسنة 1998 و2008 لمحاكات خريطة استخدامات الأرض لسنة 2020، تم تصنيف هذه الخرائط في فئتين لاستخدامات الأرض المتمثلة في المناطق المعمره والمناطق الغير معمره.

تعتمد عملية المحاكات باستعمال نموذج الأوتوماتا الخلوي على العديد من الخطوات السابقة الذكر في الفصل الثالث، من خلال هذا المحور نستعرض أهم الخطوات والنتائج المتوصل إليها. كما نعرض مختلف السيناريوهات المستقبلية لتوسع مدينة ميله.

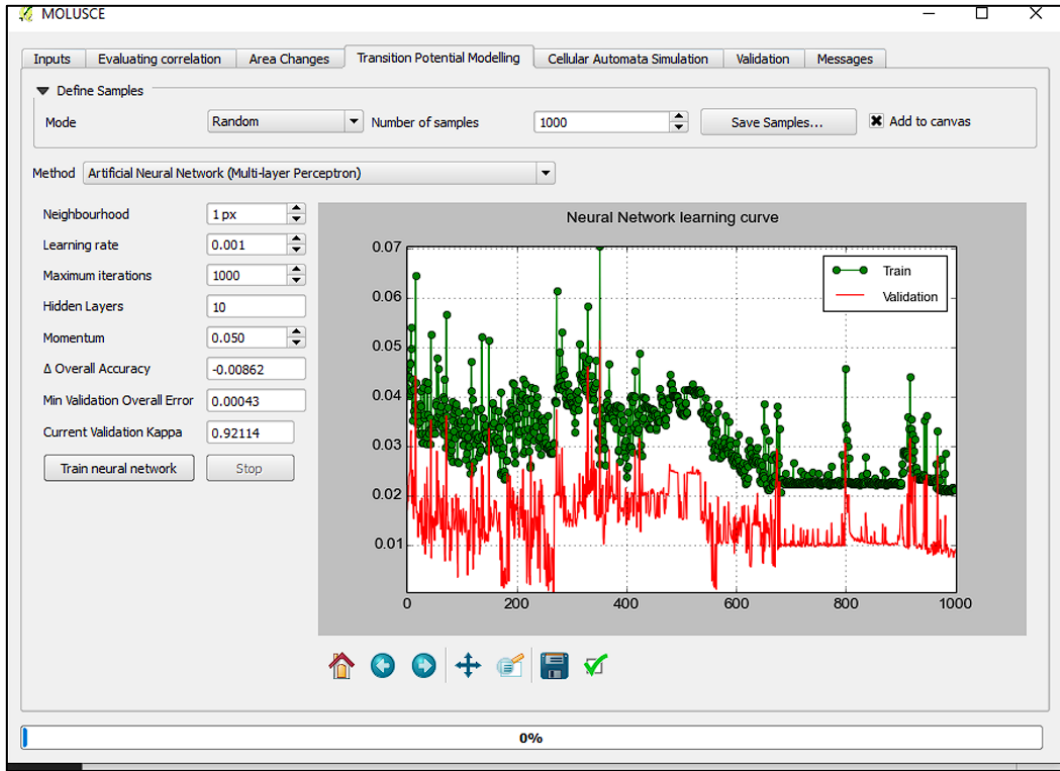
1. تحليل نتائج المحاكات:

استعملنا في عملية المحاكات أداة (Molusce) في برنامج Qgis، حيث تم استعمال خريطتي استعمالات الأرض لسنتي 1998 و2008 كمرجع أساسي بالإضافة لمجموعة العوامل الدافعة للتوسع السابق ذكرها لسنة 2008. تم استثناء عامل المسافة إلى الشعب نتيجة لعدم وجود علاقة بينه وبين التوسع العمراني في مدينة ميله.

تعتمد النمذجة باستعمال الأوتوماتا الخلوي (CA) على مجموعة من المعايير المتمثلة في تحديد إمكانية الانتقال، شكل وحجم الجوار، الشبكة والخلية. حددنا كل من الخلية والشبكة من خلال المدخلات التي تعتمد على النظام الشبكي (Raster) المكون من خلايا (Pixel)، كما تحدد إمكانية الانتقال وحجم وشكل الجوار باستعمال أحد أساليب التنبؤ التي توفرها الأداة المستعملة في عملية المحاكات والتي تعتمد على الشبكات العصبية الاصطناعية (ANN). يتم بناء قواعد الانتقال باستعمال مصفوفة الانتقال المستخرجة من عملية المطابقة بين خريطتي استعمالات الأرض لسنتي 1998 و2008 والعوامل الدافعة المدخلة مسبقاً في النموذج.

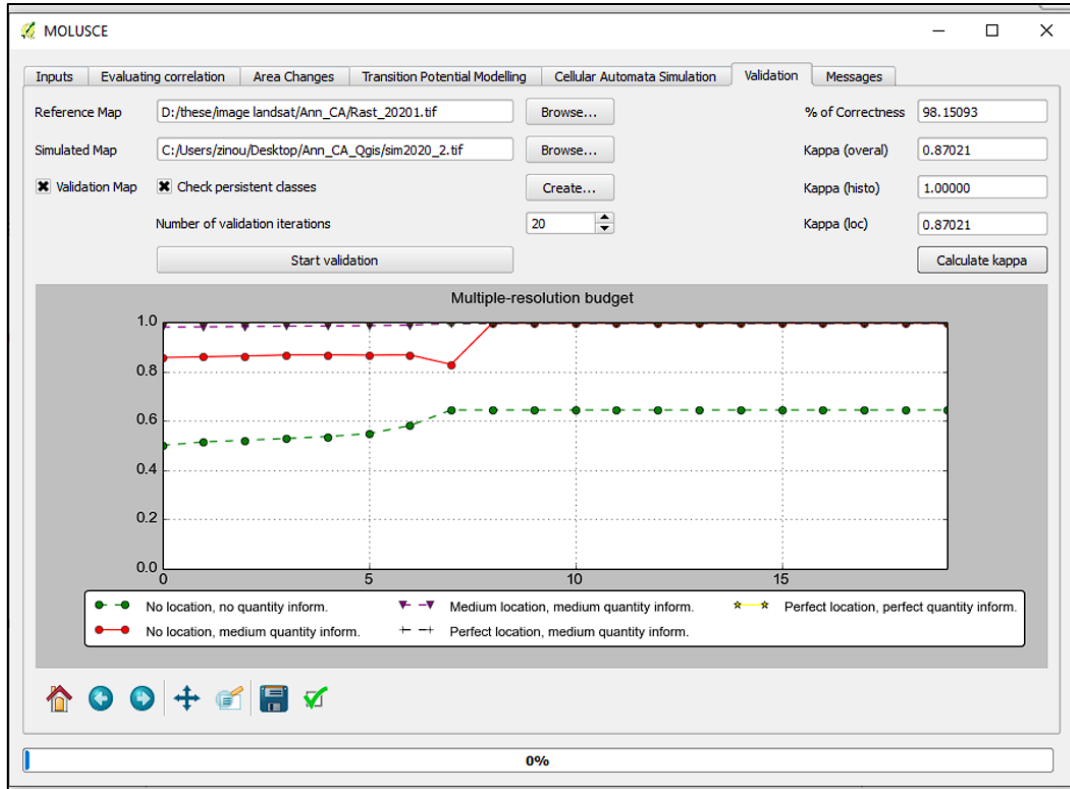
باستعمال طريقة التجربة والخطأ تمت معايرة النموذج (trial and error method) و هذا لتدريب الشبكة العصبية عبر عمليات متكررة للوصول إلى قيم المعايير المثلى. استقر النموذج على المعايير التالية: عدد التكرارات 1000، قيمة الجوار 01 بكسل، معدل التعلم 0,001، عدد الطبقات المخفية 10 والوزم 0,05 (صورة رقم 8) حيث استعملت في عملية محاكاة خريطة استخدامات الأرض لسنة 2020. توفر أداة (Molusce) طريقة للتحقق من صحة ودقة المحاكات عن طريق حساب معامل kappa من خلال مقارنة نتائج المحاكات مع خرائط استعمال الأرض الحقيقية (خريطة رقم 28). أظهرت النتائج دقة جيدة، حيث قدر معامل kappa بـ 0,87 والدقة الإجمالية بـ 98,15% (صورة رقم 9).

صورة رقم 8: المعايير المستعملة لتدريب النموذج.



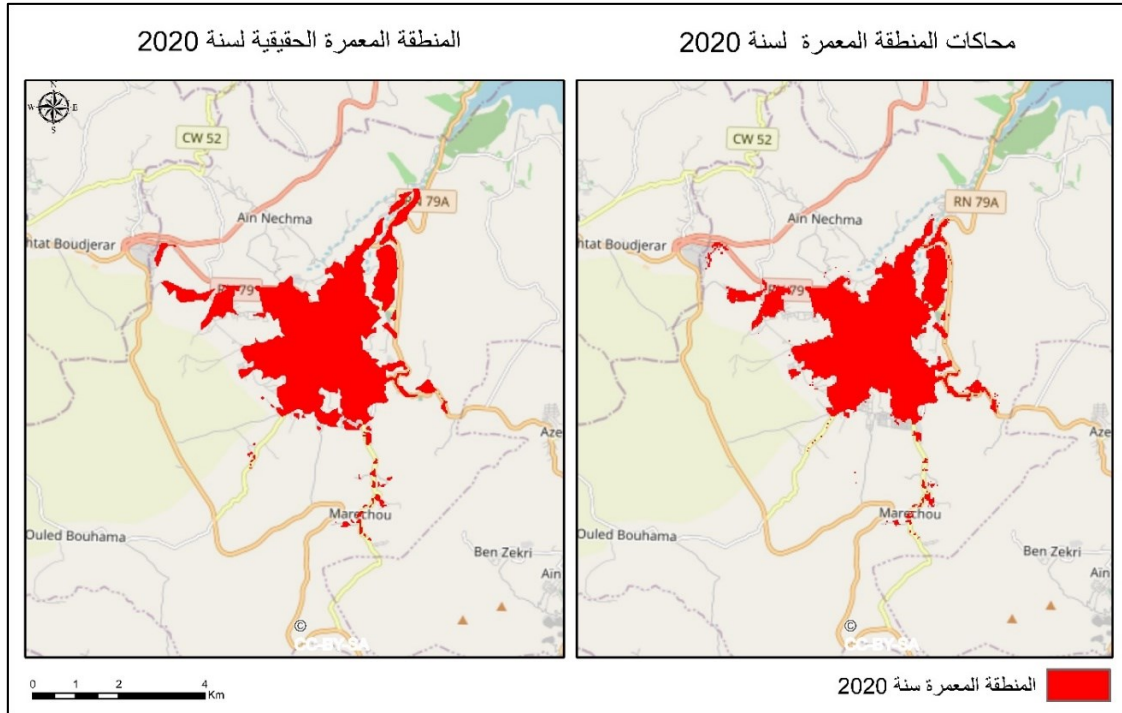
المصدر: أنجز من طرف الباحث.

صورة رقم 9: دقة محاكات خريطة نمذجة التوسع لسنة 2020 بالنسبة للخريطة الحقيقية.



المصدر: أنجز من طرف الباحث.

خريطة رقم 28: الخريطة الحقيقية والمحاكات لمدينة ميلة سنة 2020.



المصدر: أنجز من طرف الباحث.

بعد محاكات التوسع العمراني لمدينة ميلة تم التحقق من دقة النتائج المتعلقة بمعايرة نموذج الأوتوماتا الخلوي (CA). من خلال ذلك، تم استعمال هذه المعايير في التنبؤ بالتوسعات المستقبلية لمدينة ميلة وفق السيناريوهات المحددة في الدراسة.

2. سيناريوهات (بدائل) التوسع المستقبلي لمدينة ميلة:

تمثل عملية تحديد سيناريوهات التوسع المستقبلي لمدينة ميلة أهم التحديات التي تواجه صناع القرار، وذلك نتيجة لتداخل العوامل المساهمة في توسعها من جهة، وعدم فعالية أدوات التعمير في تطبيق خطة محكمة لتوجيه التوسع العمراني ضمن معايير التنمية المستدامة من جهة أخرى وهذا للحفاظ على أهم الثروات التي تمتلكها البلدية من أراضي زراعية ذات مردودية عالية والتي تحيط بالمدينة.

في هذه الدراسة تم التطرق إلى ثلاث سيناريوهات للتوسع العمراني للمدينة على مدى متوسط (12 سنة) ومدى بعيد (22 سنة).

يمثل السيناريو الأول توسع المدينة حسب النمط والوتيرة التاريخية بالاعتماد على حجم ونمط التوسعات السابقة. تم الاعتماد على التوسع العمراني بين 2008 و2020 للتنبؤ بالتوسع المستقبلي على المدى المتوسط (12 سنة)، وفي الفترة 1998 و2020 (22 سنة) للتنبؤ بالتوسع العمراني المستقبلي لمدينة

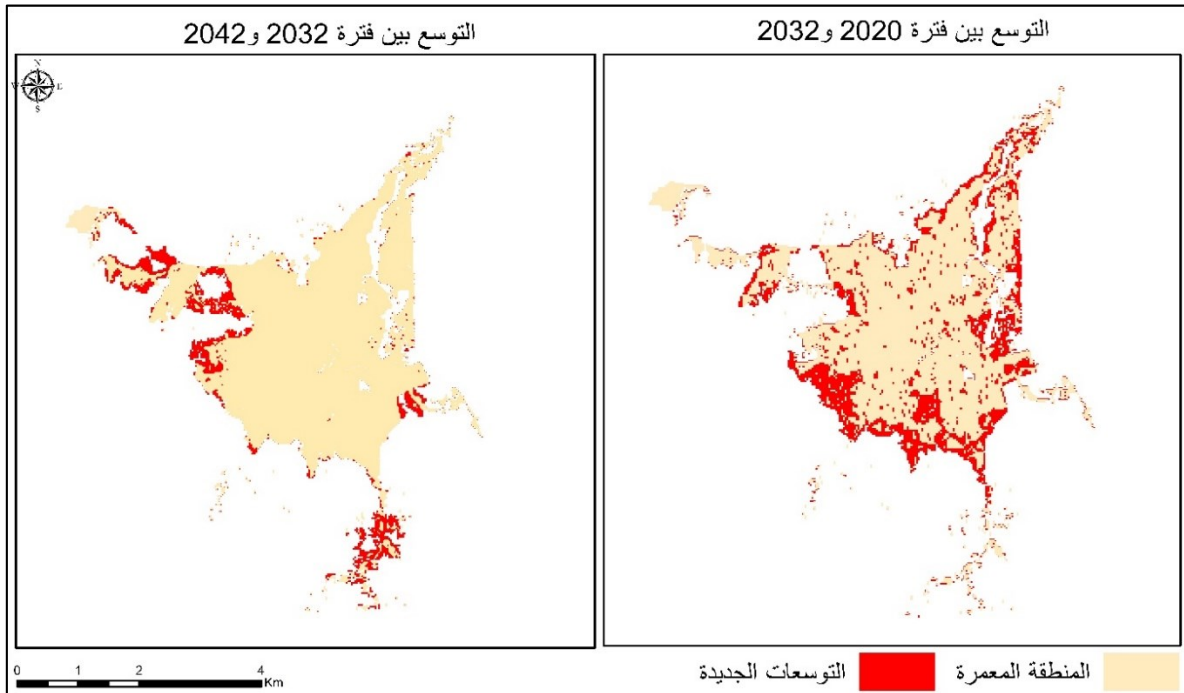
ميلة على المدى الطويل. تم تدريب النموذج باستعمال نفس المعايير المستخدمة في عملية المحاكات التي سبق ذكرها، لكن باستعمال العوامل الدافعة للتوسع العمراني لسنة 2020.

1.2. السيناريو الأول: التوسع المستقبلي الطبيعي (التاريخي).

يمثل هذا السيناريو التوسع الطبيعي لمدينة ميلة وفق وتيرة التوسعات السابقة دون تدخل أي سياسة عمرانية أو تطبيق أي نوع من التخطيط، حيث يعتمد على نفس العوامل الدافعة وحجم التوسع في الفترات السابقة لكل من فترة 12 سنة و22 سنة. بلغت مساحة مدينة ميلة 1320 هـ سنة 2032 أي بزيادة قدرت بـ 314 هـ (31%)، واستمرت مساحة المدينة في التزايد لتبلغ 1473 هـ سنة 2042 أي بزيادة قدرت بـ 152 هـ (11,5%). حيث تظهر الخريطة رقم 29 الشكل العمراني لمدينة ميلة في الفترة بين 2020-2042.

كما تظهر نفس الخريطة التوزيع المجالي للتوسعات الجديدة في الفترة بين 2020-2042، تميزت المرحلة الأولى من 2020 إلى 2032 بتوسع مستمر حول المحيط العمراني للنسيج الحضري القائم خاصة في الجهة الجنوبية والجنوبية الغربية والجهة الشرقية. إلا أن الوضع اختلف في الفترة التي تليها بين 2032 و2042 حيث ظهرت توسعات جديدة منفصلة عن الكتلة العمرانية الأم في اتجاه التوسعات الجانبية في الجهة الغربية والجنوبية الشرقية.

خريطة رقم 29: التوزيع المجالي للتوسع المستقبلي لمدينة ميلة (سيناريو التوسع العادي).



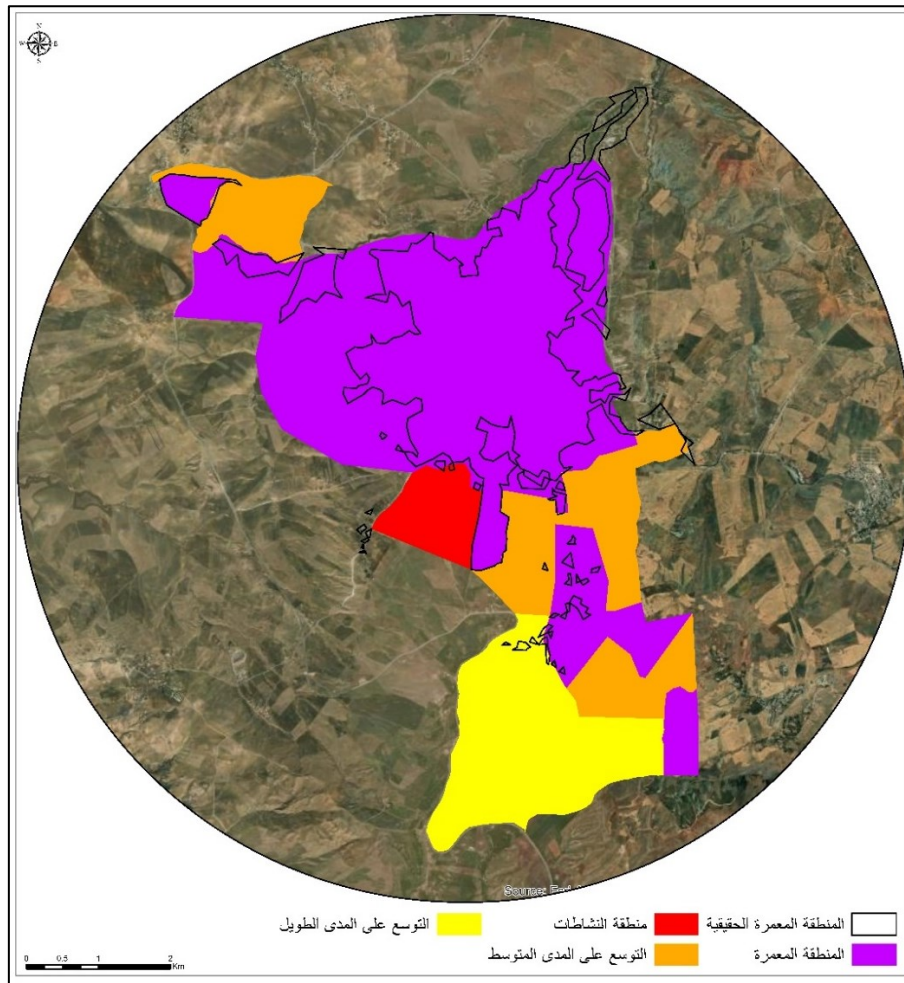
المصدر: أنجز من طرف الباحث.

2.2. السيناريو الثاني: التوسع العمراني وفق المخطط التوجيهي للتهيئة والتعمير.

يهدف المخطط التوجيهي للتهيئة والتعمير لإرساء مجموعة من الأهداف التي تضمن التسيير المحكم للمجال العمراني والحفاظ على الموارد ومختلف المكونات الهشة ضمن المجال المحلي المتمثل في بلدية أو مجموعة بلديات، وفق توجيهات مختلف مخططات التهيئة الإقليمية المتمثلة في: المخطط الوطني لتهيئة الإقليم (SNAT)، فضاءات البرمجة الإقليمية (SEPT) والمخططات الولائية للتهيئة (PAW).

في السيناريو الثاني الذي يعبر عن التوسع العمراني وفق السياسة العمرانية المتمثلة في توجيهات المخطط التوجيهي للتهيئة والتعمير لمجموعة البلديات: ميله، زغاية، سيدي مروان وعين التين. حيث استعملنا التوقعات المساحية لكل من المدى المتوسط والطويل للتعبير عن التوسع العمراني لمدينة ميله في فترة 12 و 22 سنة المقبلة، فحسب المخطط التوجيهي للتهيئة والتعمير فإن توسع المدينة يوجه نحو الجهة الجنوبية والجنوبية الشرقية، بالإضافة إلى الجهة الغربية (خريطة رقم 30).

خريطة رقم 30: التوزيع المجالي للتوسع المستقبلي لمدينة ميله (سيناريو PDAU).



المصدر: المخطط التوجيهي للتهيئة والتعمير لمجموع بلديات ميله، زغاية، سيدي مروان وعين التين (2015).

قدرت مساحة المدينة سنة 2013 حسب المخطط بـ 1885,52 هـ. هذه المساحة قابلة للزيادة على المدى المتوسط لتبلغ 2280,39 هـ أي بزيادة قدرها 394,87 هـ في 10 سنوات، ليستمر توسع المدينة لتبلغ مساحتها 2723,41 هـ سنة 2032 أي بزيادة قدرها 443,02 هـ. يلخص الجدول رقم 26 الاحصائيات المتعلقة بتقديرات المساحات اللازمة لتوسع مدينة ميله.

جدول رقم 26: تقديرات المساحات اللازمة لتوسع مدينة ميله حسب PDAU.

الوظيفة	مدينة ميله	
	مدى 10 سنوات	مدى 20 سنة
السكن	165,19	151,20
التجهيزات	99,45	170,13
الطرق	48,79	60,49
الشبكات المختلفة	5,26	6,41
المساحات الخضراء	8,26	7,56
النشاطات	67,90	47,24
المجموع	394,87	443,02
المجموع	316,39	269,58

المصدر: المخطط التوجيهي للتهيئة والتعمير لمجموع بلديات ميله، زغاية، سيدي مروان وعين التين (2015).

تم حساب تقديرات المساحات باستعمال جملة من المعايير المذكورة في المخطط التوجيهي للتهيئة والتعمير والتمثلة فيما يلي:

- السكن : تم برمجة السكن وفق متوسط كثافة إجمالي قدر بـ 50 مسكن/ للهكتار نظرا لخصوصية المجال من حيث طبيعة الملكية العقارية للأراضي والعوائق الطبيعية.
- التجهيزات : تم برمجة مختلف مشاريع التجهيزات وفق شبكة التجهيزات.
- الطرق : برمجة شبكة الطرق على أساس 35 مترا² لكل مسكن و 20% من مساحة التجهيزات.
- الشبكات المختلفة : 3.5 متر² لكل ساكن.
- المساحات الخضراء والاسترخاء والترفيه : 10 أمتار² لكل مسكن.
- الأنشطة : تحسب على أساس 40 وظيفة للهكتار الواحد. تقسم الوظائف الجديدة بين الصناعة 50% والبناء والأشغال العامة 50%.

وتحسب الاحتياجات في مجال الأنشطة لمختلف التجمعات والمناطق الريفية لتحقيق جميع احتياجات عواصم البلديات.

3.2. السيناريو الثالث: نمط الحماية البيئية:

يمثل هذا السيناريو الخطة المقترحة (البديلة) من خلال هذا البحث لمستقبل التوسع العمراني لمدينة ميلا، حيث يهدف بشكل مباشر لتحقيق التوازن بين حماية البيئة من جهة وحماية الأملاك والسكان من جهة أخرى. تم بناء هذا السيناريو بالاعتماد على ما يعرف بنمط الحماية البيئية (تم شرحه في الفصل الثالث) والذي يمكن تحديده في هذه الدراسة من خلال ثلاث عناصر متمثلة في: نمط الحماية البيئية للمياه، نمط الحماية البيئية الجيولوجية ونمط الحماية البيئية للتنوع البيولوجي. تدمج هذه العناصر فيما بينها لتشكل نمط الحماية البيئية المدمج الذي من خلاله يمكننا تحديد مسار التوسع العمراني لمدينة ميلا مستقبلا.

(أ) نمط الحماية البيئية الجيولوجية:

تم تحديد العوامل المتحكمة في نمط الحماية البيئية الجيولوجية من خلال العوامل الطبيعية والبشرية، حيث حددت بكل من الانحدار، الارتفاع، نوعية التربة، استقرار التربة والبعد عن الطرق. تم تحديد الأوزان من خلال الدراسات السابقة وأراء الخبراء ضمن المقابلات الميدانية (جدول رقم 27). تحدد هذه العوامل فيما بينها المناطق المناسبة للبناء والمناطق الغير المناسبة وذلك وفق منطقة الحماية المنخفضة ومنطقة الحماية القصوى على الترتيب. تمثل منطقة الحماية المتوسطة الحاجز الفاصل بين المنطقتين حيث يمكن التوسع على حسابها وفق شروط انشائية من حيث عدد الطوابق وكلفة البناء.

جدول رقم 27: معايير تحديد نمط الحماية الجيولوجية.

الأوزان	الحماية المنخفضة	الحماية المتوسطة	الحماية القصوى	العوامل
0,2	من 15 إلى 25	من 5 إلى 15	من 0 إلى 5	الانحدار
0,1	< 800	200 إلى 800	> 200	الارتفاع
0,3	الترسبات القديمة، الطين الجبسي	المارن	الصخور الكلسية، الكونغلوميرا	نوعية التربة
0,3	مستقرة	/	غير مستقرة	استقرار التربة
0,1	< 2000	من 500 إلى 2000	< 500	البعد عن الطرق

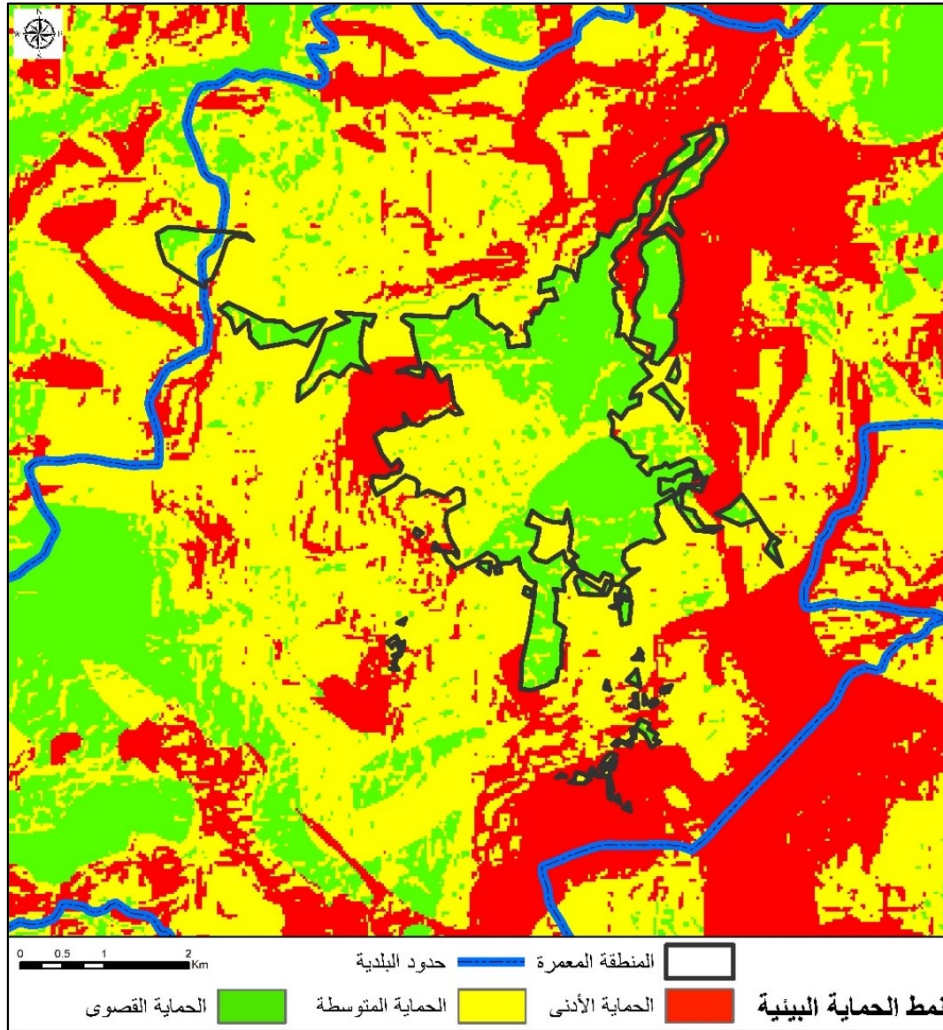
المصدر: أنجز من طرف الباحث.

تتوزع المناطق المناسبة للبناء (منطقة الحماية القصوى) داخل المحيط العمراني المبني، لا توجد مناطق ذات حماية قصوى في المناطق خارج حدود النسيج العمراني، بلغت مساحتها 2461 هـ أي بنسبة 19,13% من المساحة الكلية. أما منطقة الحماية المتوسطة فتنتشر بشكل كبير حول المدينة حيث تشكل الفئة السائدة بمساحة قدرت بـ 6408,77 هـ أي بنسبة 49,83% من المساحة الكلية. وفي الأخير فإن منطقة الحماية الأدنى التي تعتبر منطقة غير مرغوبة للتوسع تنتشر بشكل واضح في الجهة الجنوبية

الشرقية والشمالية الشرقية والجنوبية للمدينة، بالإضافة إلى الجهة الغربية بمحاذاة النسيج العمراني، قدرت مساحتها بـ 3989,57 هـ أي بنسبة 31,04% (خريطة رقم 31).

تعكس هذه النتائج مدى ندرة الأراضي القابلة للتوسع العمراني حول مدينة ميلة والتحديات المفروضة على صناع القرار لإيجاد حلول لهذه الوضعية.

خريطة رقم 31: نمط الحماية البيئية الجيوبوجية.

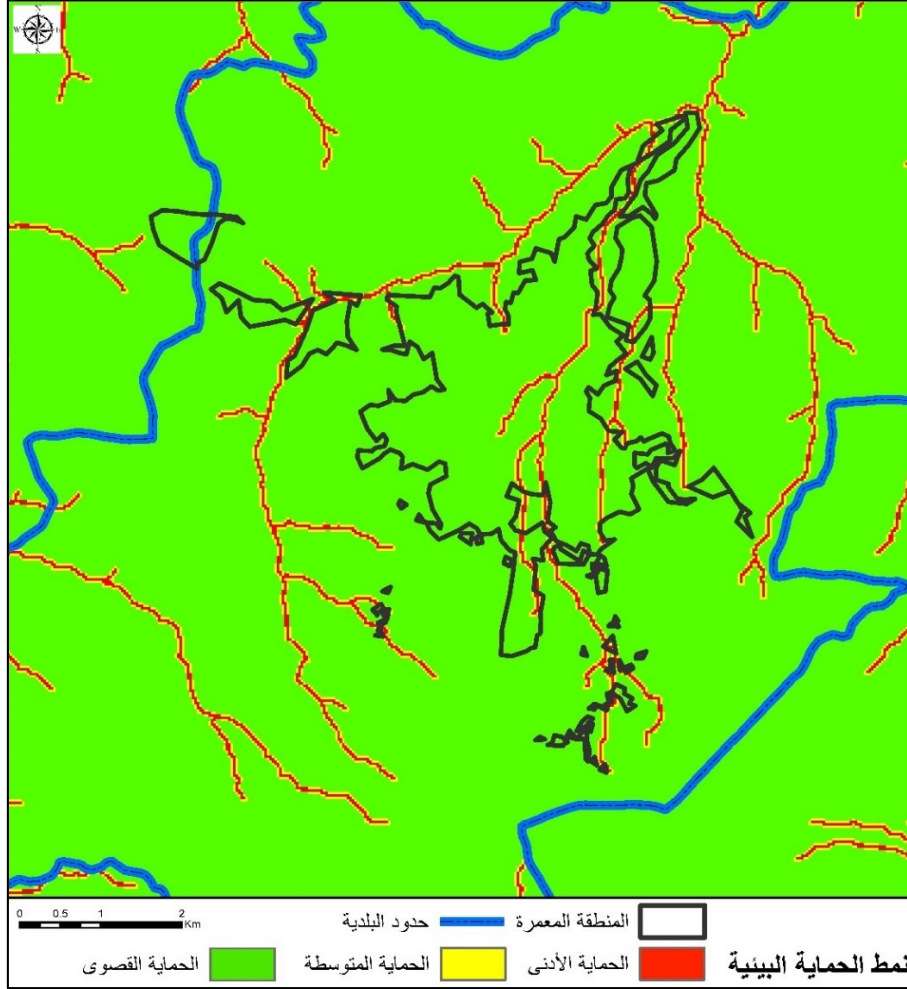


المصدر: أنجز من طرف الباحث.

ب) نمط الحماية البيئية للمياه:

تم تحديد نمط الحماية البيئية للمياه بناء على عاملين مهمين وهما الحماية من الفيضانات وحماية مصادر المياه من التلوث خاصة وأن هذه المجاري المائية متصلة مباشرة بسد بني هارون. تم تحديد مناطق الحماية كما يلي: 20م حماية أدنى، 30م حماية متوسطة وأكبر من 40م حماية قصوى (خريطة رقم 32).

خريطة رقم 32: نمط الحماية البيئية للمياه.



المصدر: أنجز من طرف الباحث.

ج) نمط الحماية البيئية للتنوع البيولوجي:

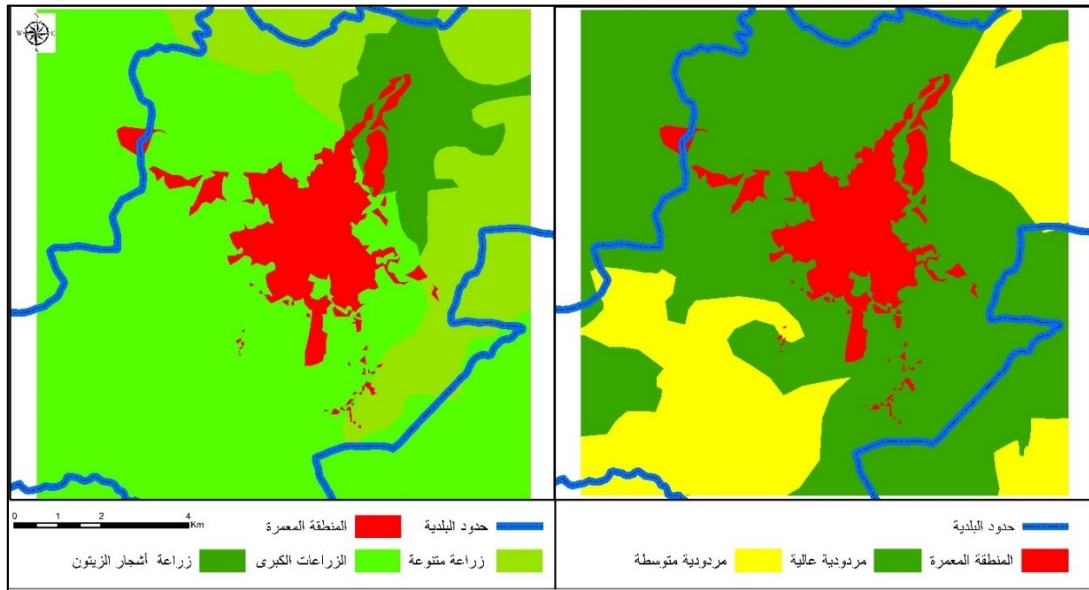
تم تحديد هذا العنصر لحماية التنوع البيولوجي في المنطقة بإدراج مجموعة من العوامل الطبيعية والبشرية المتمثلة في: الانحدارات، الارتفاعات، المسافة إلى الطرق، المسافة إلى المنطقة المبنية ونوع الغطاء الأرضي، كما تم تحديد الأوزان وفق آراء الخبراء ضمن المقابلة الميدانية والدراسات السابقة (جدول رقم 28). للإشارة فإن المنطقة الموجهة للزراعات الكبرى رغم خصوبة تربتها تمثل منطقة محتملة للتوسع وذلك لعدم وجود بديل، حيث تشغل غالب المنطقة المحيطة بالمنطقة المعمرة (خريطة رقم 33).

جدول رقم 28: معايير تحديد نمط الحماية للتنوع البيولوجي.

الاعراض	المقاومة	التصنيف	العوامل
0,25	1	5-0	الانحدارات
	2	10-5	
	3	15-10	
	4	20-15	
	5	20<	
0,10	1	200>	الارتفاعات
	2	400	
	3	600	
	4	800	
	5	1000<	
0,15	5	400	المسافة إلى الطرق
	4	800	
	3	1200	
	2	1600	
	1	2000<	
0,15	5	500	المسافة إلى المنطقة المعمرة
	4	1000	
	3	1500	
	2	2000	
	1	2500<	
0,35	1	غاية	الغطاء الأرضي
	2	أراضي رعوية	
	3	أراضي زراعية	
	4	أراضي بور	
	5	منطقة مبنية	

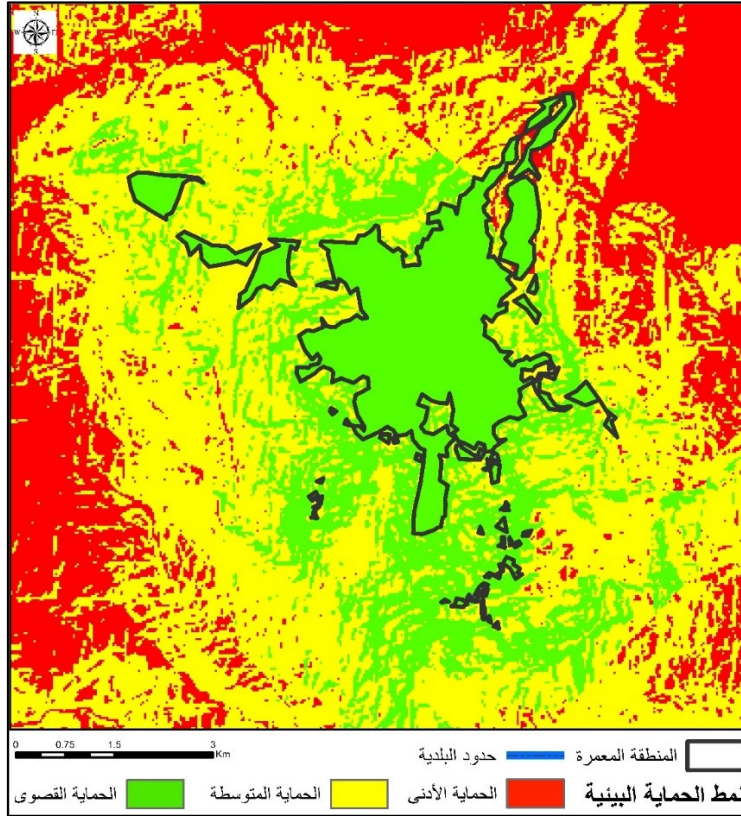
المصدر: أنجز من طرف الباحث.

خريطة رقم 33: توزيع الأراضي الزراعية ومردوبيتها حول مدينة ميلة.



المصدر: المخطط التوجيهي للتهيئة والتعمير لمجموع بلديات ميلة، زغاية، سيدي مروان وعين التين (2015).

تقع المنطقة المناسبة للتوسع العمراني حسب الخريطة رقم 34 في الجهة الجنوبية بجهتيها الفرعية الشرقية والغربية، تحيط بها المنطقة المتوسطة الحماية، ثم المنطقة الممنوعة للبناء (منطقة الحماية الأدنى). يعلل تموقع المنطقة المناسبة للبناء في الجهة الجنوبية أولاً لقربها من المنطقة المعمرة وتوفر شبكة طرق متوسطة الكثافة، بالإضافة إلى الانحدارات المتوسطة التي تتراوح بين 5 و15%.
خريطة رقم 34: نمط الحماية البيئية للتنوع البيئي.



المصدر: أنجز من طرف الباحث.

د) نمط الحماية البيئية المدمج:

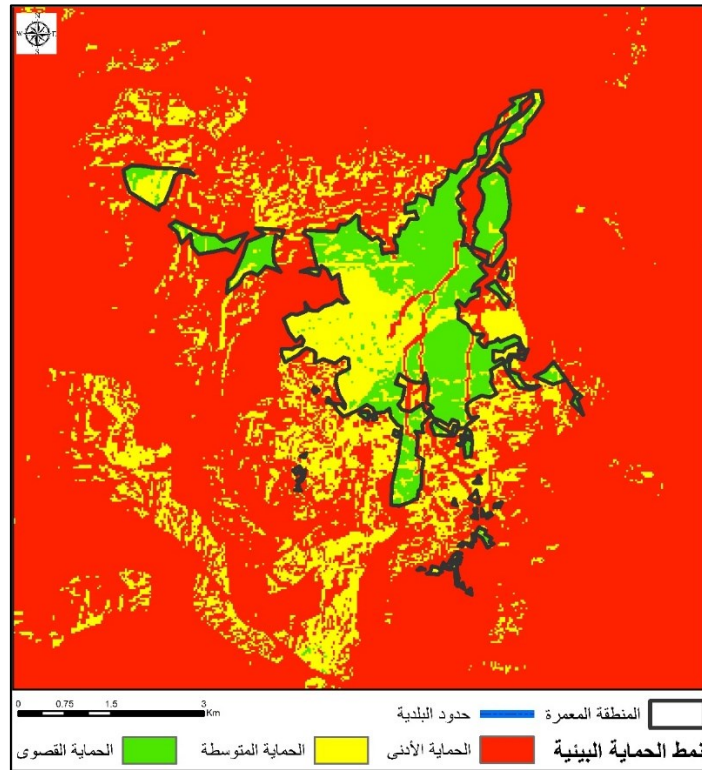
بعد استخراج نمط الحماية البيئية لكل عنصر يتم دمجها فيما بينها باستعمال خاصية (raster-calculator) في برنامج ArcGIS، باستعمال أوزان متساوية. تهدف هذه العملية إلى تحديد الخطوط الحمراء التي لا يجب تعديها من قبل المنطقة المعمرة، بهدف حماية التنوع البيئي من جهة وحماية السكان والأماكن من جهة أخرى. توضح الخريطة رقم 35 توزيع نمط الحماية البيئية المدمج في أجزائه الثلاث المتمثلة في منطقة الحماية القصوى، الحماية المتوسطة والحماية الأدنى حيث تمثل منطقة الحماية الأدنى العناصر الحساسة في مجال الدراسة، والتي ينبغي حمايتها والمحافظة عليها أي بمعنى آخر هي المنطقة غير قابلة للتوسع العمراني تشمل هذه المنطقة أغلب منطقة الدراسة بمساحة قدرها 10563,62 هـ.

أي 82,37% من منطقة الدراسة، حيث تعتبر منطقة ممنوعة للتوسع العمراني لاحتوائها على مختلف العناصر الحساسة من تنوع بيئي وانحدارات كبيرة ...

عكس منطقة الحماية المنخفضة فإن منطقة الحماية القصوى تعتبر المنطقة الأنسب للتوسع العمراني إلا أنها استهلكت من قبل النسيج العمراني القائم في فترات سابقة، تشمل هذه المنطقة مساحة 650,94 هـ أي 0,05% من منطقة الدراسة. في الأخير، تمثل منطقة الحماية المتوسطة المنطقة الانتقالية بين منطقة الحماية القصوى ومنطقة الحماية المنخفضة، حيث أن التوسع العمراني ضمنها يخضع لشروط عمرانية وبيئية من حيث عدد الطوابق، نمط البناء والحدود العمرانية، تشمل هذه المنطقة مساحة 1610,80 هـ أي 17,58%، تم استهلاك جزء منها خلال التوسعات السابقة للمدينة بما قيمته 277 هـ أي أن المساحة المتبقية 1333 هـ. تعتبر هذه المنطقة الخيار الوحيد للتوسع المستقبلي للمدينة ضمن شروط الحفاظ على البيئة والحماية من الأخطار.

من خلال هذه النتائج نستنتج أن اختيار اتجاه التوسع العمراني المستقبلي لمدينة ميله يعتبر تحدي صعب مع وجود العديد من العوائق الطبيعية والبشرية، وبالتالي فإن نمط الحماية البيئية يمثل أحد الخيارات الممكنة التي توازن بين المحافظة على التنوع البيئي وحماية السكان والأماكن من الأخطار.

خريطة رقم 35: نمط الحماية البيئية المدمج.



3. المقارنة بين السيناريوهات:

بعد استظهار مختلف النتائج المتعلقة بكل سيناريو من السيناريوهات المقترحة في الدراسة، ننقل إلى مرحلة أخرى تعتمد على المقارنة بينها باستعمال مجموعة من المقاييس لمعرفة الصورة المستقبلية للتوسع العمراني لمدينة ميلة وفق كل سيناريو، حيث اعتمدت عملية المقارنة على جانبيين يتمثلان في الوتيرة والشكل العمراني.

من خلال ملخص النتائج في الجدول رقم 29 نلاحظ أن المنطقة المعمرة استمرت في التوسع، حيث تميز سيناريو التوسع حسب (PDAU) بأسرع معدل للتوسع من بين جميع السيناريوهات، حيث تضاعفت تقريبا مساحة المدينة خلال فترة عشرين سنة لتبلغ 1962هـ، يليه سيناريو الحماية البيئية بمعدل متوسط السرعة بلغت من خلاله المدينة مساحة 1690هـ، وفي الأخير سيناريو التوسع العادي الذي تميز بسرعة منخفضة بلغت من خلاله المدينة مساحة 1472هـ. ومما يلفت النظر في النتائج المعروضة في نفس الجدول أن حجم وسرعة التوسع في المرحلة الأولى من 2020 إلى 2032 بلغت ضعف حجم وسرعة التوسع في المرحلة الثانية من 2032 إلى 2042 وذلك بالنسبة لكل السيناريوهات.

جدول رقم 29: حجم ووتيرة التوسع العمراني المستقبلي بالنسبة لمختلف السيناريوهات.

التوسع حسب (ESP)		التوسع حسب (PDAU)		التوسع العادي		المنطقة المعمرة	
3		2		1			
2042	2032	2042	2032	2042	2032	2020	السنة
1690,08	1460,31	1962,23	1575,73	1472,67	1320,37	1006,15	المساحة (هـ)
229,77	454,16	386,50	569,58	152,30	314,22	/	حجم التوسع (هـ)
16	45	25	57	12	31	/	نسبة التوسع (%)
683,93		956,08		466,52		/	حجم التوسع الكلي (هـ)
68		95		46		/	نسبة التوسع الكلي (%)
1,47	3,14	2,21	3,79	1,09	2,28	/	معدل متوسط التوسع العمراني السنوي (AUER) %
2,36		3,05		1,72			

المصدر: أنجز من طرف الباحث.

المقارنة بين السيناريوهات من خلال الوتيرة وحجم التوسع غير كافية لتحديد السيناريو الأمثل للتوسع العمراني لمدينة ميله للسنوات العشرين القادمة، وبالتالي فإن معرفة نمط التوسع لكل سيناريو يمكن أن يكون النقطة المفصلية في عملية اختيار السيناريو الأمثل والسيناريو البديل، من خلال مجموعة من المقاييس الجالية التي تشمل المساحة، الشكل، الحافة، التجميع والتنوع للمشهد الطبيعي (landscape level) كما يوضح الجدول رقم 30.

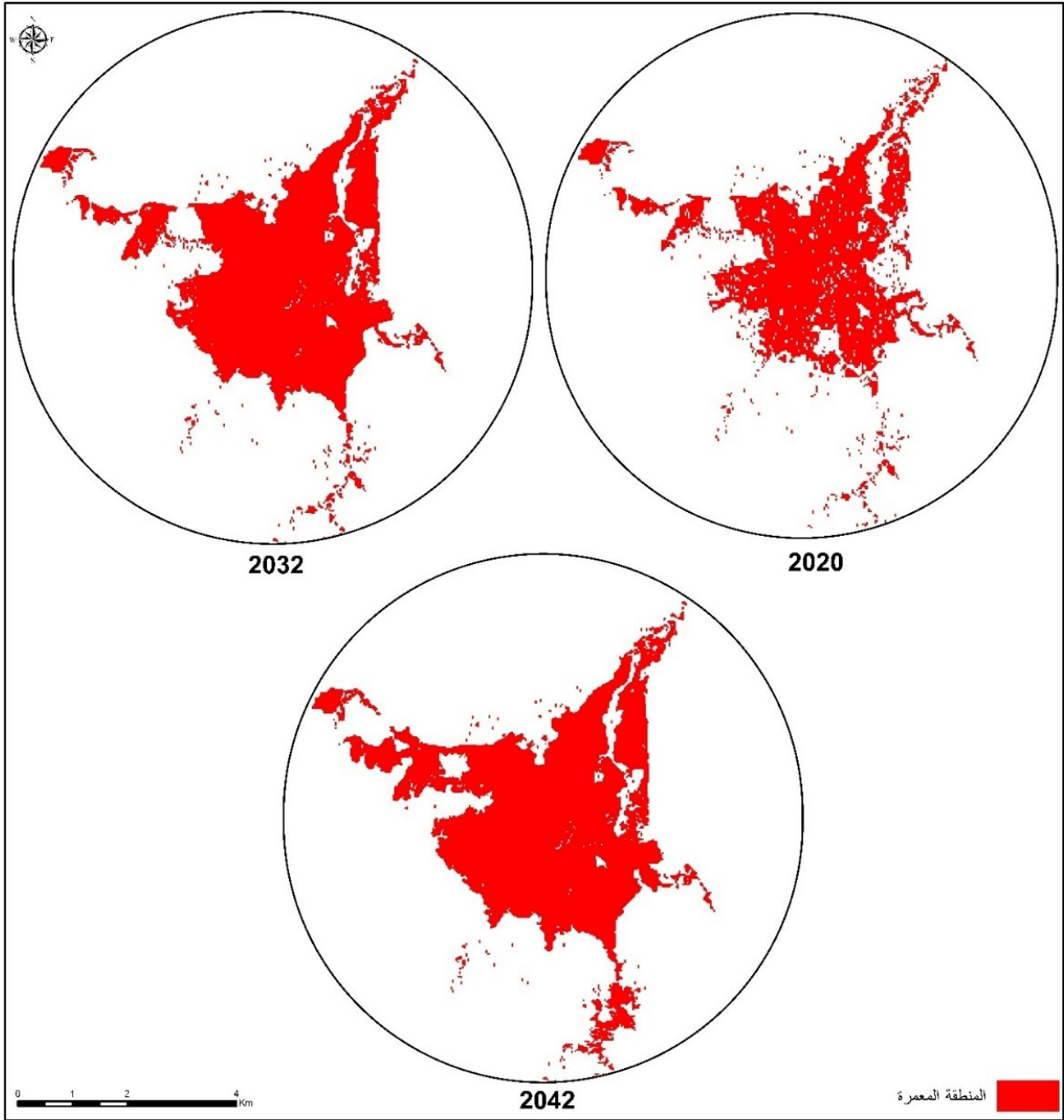
جدول رقم 30: قياس أنماط التوسع المستقبلي لمختلف السيناريوهات باستعمال المقاييس الجالية.

CONTAG	SHAPE_MN	LPI	PD	
73,7252	4,6967	91,6398	3,2419	المجال العمراني 2020 (خريطة المجال العمراني المصنفة)
71,541	3,576	89,45	1,465	التوسع العادي 2032
69,8272	3,5456	88,1448	1,1168	التوسع العادي 2042
68,8688	3,3442	87,4189	0,5352	التوسع حسب (PDAU) 2032
63,3014	4,2748	84,1074	0,8144	التوسع حسب (PDAU) 2042
67,9633	4,8136	87,9452	0,9152	التوسع حسب (ESP) 2032
64,3611	5,5969	86,0926	1,0548	التوسع حسب (ESP) 2042

المصدر: أنجز من طرف الباحث.

يظهر سيناريو التوسع الطبيعي أن كل من PD، SHAPE_MN، انخفضت لتدل على أن التوسع العمراني لمدينة ميله مستقبلا يتوجه نحو النمط المدمج (COMPACT)، حيث يظهر نمط التوسع استمرارية في النسيج الحضري القائم كما يتم دمج البقع المتجزئة فيما بينها مشكلة بقع أكبر تميل إلى التجمع هي الأخرى وذلك من خلال ملاحظة القيمة العالية لكل من LPI و CONTAG. يعكس هذا السيناريو انجذاب التوسعات الجديدة نحو الكتلة الحضرية الأم وذلك لتوفر مختلف متطلبات الحياة المتمثلة في الربط بمختلف الشبكات والقرب من مختلف المرافق الخدماتية، حيث يمثل استمرارية للنمط التاريخي للتوسع العمراني للمدينة منذ التسعينات من القرن الماضي (خريطة رقم 36).

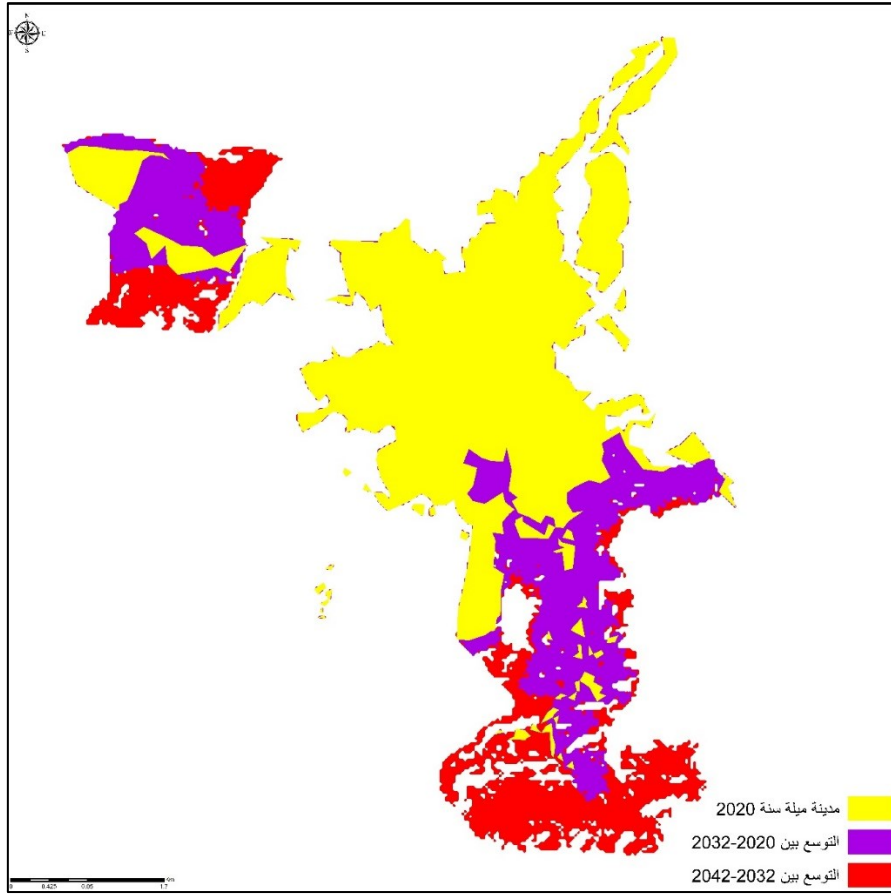
خريطة رقم 36: التوسع المستقبلي لمدينة ميله وفق سيناريو التوسع العادي.



المصدر: أنجز من طرف الباحث.

عكس سيناريو التوسع العادي فإن سيناريو التوسع حسب المخطط التوجيهي للتهيئة والتعمير استهلك أكبر قدر من المساحة للتوسع مستقبلا، تظهر نتائج أن التوسع عرف استمرارية للنسيج القديم من خلال ملاحظة القيمة المنخفضة لمؤشر (PD)، طبعا هذا التوسع الجديد ساهم في انشاء بقع جديدة مما أدى إلى الزيادة في تجزئة المجال الحضري المعبر عنه بانخفاض كل من LPI و CONTAG، بالإضافة إلى الزيادة في تعقيد الشكل العمراني وابتعاده عن الشكل المنتظم بصورة أكبر من سيناريو التوسع العادي (خريطة رقم 37).

خريطة رقم 37: سيناريو التوسع حسب المخطط التوجيهي للتهيئة والتعمير.

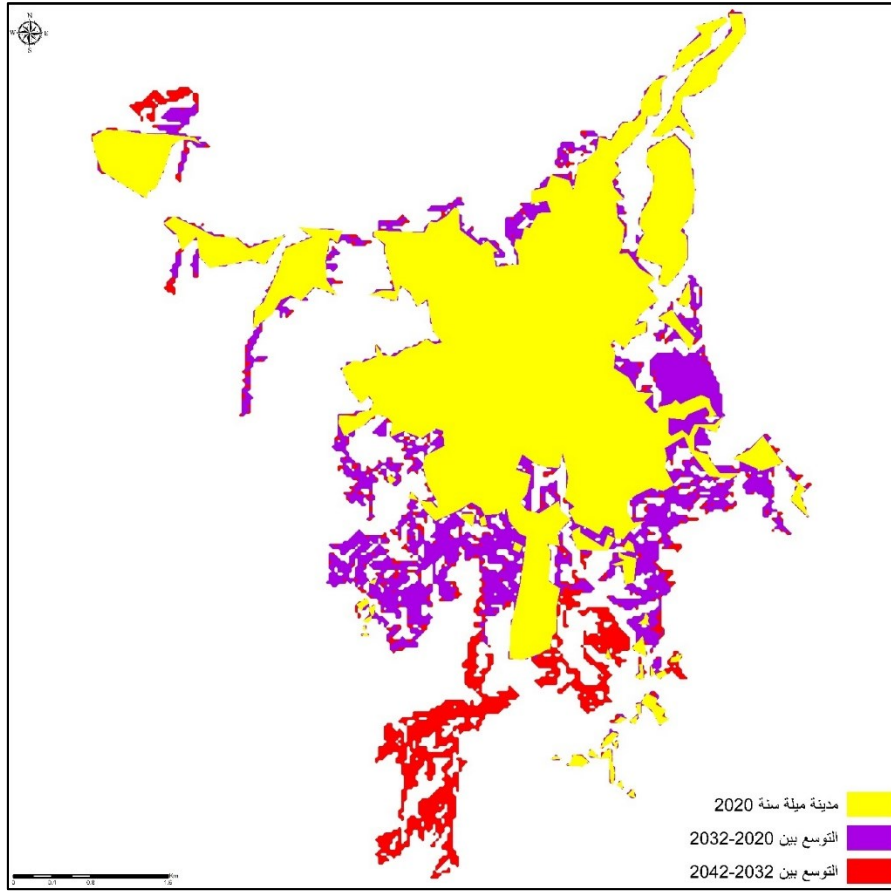


المصدر: أنجز من طرف الباحث.

في سيناريو الحماية البيئية أخذت كل المؤشرات منحى متوازنا بين سيناريو التوسع العادي وسيناريو التوسع حسب المخطط التوجيهي للتهيئة والتعمير، حيث عرف نمط التوسع استمرارية في النسيج العمراني من خلال ما تظهره المؤشرات التي عرفت تقاربا كبيرا بينها وبين مؤشرات التوسع حسب المخطط التوجيهي.

يعتبر هذا السيناريو (البديل) الأمثل للتوسع المستقبلي لمدينة ميلة حيث يضمن التوازن بين تلبية الاحتياجات السكانية المختلفة من خلال توفير مساحة توسع متقاربة مع ما حدده المخطط التوجيهي للتهيئة والتعمير. يعوض فارق المساحة من خلال إلغاء إنشاء منطقة نشاطات جديدة وذلك لوجود منطقة نشاطات قديمة غير مستغلة تتطلب إعادة تهيئة. في نفس الوقت فإن المعايير التقنية التي تم وفقها إنشاء النموذج تضمن التوازن بين حماية البيئة من جهة عن طريق حماية الأشجار المثمرة وتقييد التوسع على حساب الأراضي الزراعية، ومن جهة أخرى حماية السكان والأملاك من الأخطار الطبيعية وتوفير مختلف المتطلبات الاجتماعية والاقتصادية (خريطة رقم 38).

خريطة رقم 38: سيناريو الحماية البيئية.



المصدر: أنجز من طرف الباحث.

هذه النتائج تعكس تراجع نسبة الأراضي الصالحة للتعمير في مدينة ميلا، وفي نفس الوقت تعكس قدرة العوامل الدافعة على التحكم في وتيرة وشكل التوسع العمراني.

خلاصة المحور:

توصلت الدراسة إلى نتائج هامة بشأن التوسع العمراني في مدينة ميلا. من خلال تحليل النتائج المستخلصة من المحاكاة، أظهر النموذج دقة كبيرة في تقدير التغيرات المستقبلية، مما يعكس الاعتماد الفعال على الأدوات التقنية الحديثة.

السيناريوهات الثلاثة التي تم تقييمها—التوسع الطبيعي، التوسع وفق المخطط التوجيهي، ونمط الحماية البيئية—أبرزت التحديات والفرص التي تواجه المدينة. كل سيناريو يقدم رؤية مختلفة حول كيفية توجيه التوسع، مع التأكيد على أهمية الحفاظ على الموارد الطبيعية والحد من الأثر البيئي.

تبين أن نمط الحماية البيئية يمثل الخيار الأمثل لتحقيق توازن بين التوسع العمراني وحماية البيئة، ما يضمن استدامة المدينة على المدى الطويل. لذا، يتعين على صناع القرار أخذ هذه النتائج بعين الاعتبار عند تطوير السياسات العمرانية المستقبلية، لضمان تنمية حضرية مستدامة تعزز من جودة الحياة للمواطنين وتحافظ على البيئة المحلية.

المحور الرابع: مناقشة النتائج.

مقدمة المحور:

تعتبر مرحلة مناقشة النتائج أهم مرحلة في بحثنا، حيث تم من خلالها تحليل النتائج المتوصل إليها ومقارنتها بنتائج الدراسات السابقة والبيانات الكيفية والاحصائية المتعلقة بمدينة ميله. حيث سنعرض نتائج تطبيق المقاربة المنهجية المعروضة في الفصل السابق والخاصة بقياس وتيرة، شدة، اتجاهات، أشكال وأنماط التوسع العمراني وتوزيعه المجالي ضمن فترات زمنية مختلفة ومقارنتها فيما بينها.

كما سنعرض ونناقش نتائج استعمال النمذجة الإحصائية ونموذج الانحدار اللوجستي الخاصة بقوة واتجاه العلاقة بين التوسع العمراني ومحدداته الطبيعية والسوسيو اقتصادية والسياسة العمرانية. وفي الأخير، سنعرض سنناقش نتائج استعمال نموذج يدمج بين خلايا الأوتوماتا والشبكات العصبية الاصطناعية والمقارنة بين السيناريوهات المقترحة وتقييمها واختيار السيناريو الأمثل للتوسع العمراني في مدينة ميله.

1. التوسع العمراني من حيث خصائصه الزمانية والمكانية، أشكاله وأنماطه:

يعتبر النمط المتجانس لاستعمالات الأرض، كالأستعمال السكني من الأسباب الرئيسية للتوسع العمراني (Galster et al., 2001). يبرز هذا النمط بشكل واضح في مدينة ميله، حيث يشكل الاستخدام السكني للأراضي نسبة فاقت 60% من المساحة الإجمالية للمدينة سنة 2020. وقد ساهمت الزيادة المستمرة في أعداد السكان خاصة بعد الترقية الإدارية لميله لتصبح عاصمة ولاية سنة 1984، إضافةً إلى توفير مناصب الشغل في المجالات الصناعية والخدمية مما ساهم في زيادة الطلب على الإسكان ودفع عجلة التوسع العمراني للمدينة.

هدفت سياسة التقسيم الإداري للمجال الوطني إلى تخفيف الضغط على المدن الكبرى وفك العزلة على المدن الداخلية وهيكله الأرياف لكبح موجة النزوح الريفي التي عرفتها البلاد بعد الاستقلال. أشار (Layeb, 1999) في دراسته إلى أن الترقية الإدارية لولاية ميله كان هدفها فك العزلة على المناطق الداخلية وتخفيف الضغط على مدينة قسنطينة. استفادت عاصمة الولاية من غلاف مالي ضخم ساهم في إقامة مختلف المشاريع التنموية الذي بدوره عمل على تحفيز الهجرة الداخلية نحو المدينة حيث بلغ معدل النمو السكاني 6,7% في الفترة بين 1977-1987. في نفس الوقت عرفت المدينة انخفاضا كبيرا في معدل البطالة من 32% سنة 1966 إلى 19% سنة 1987.

في الفترة الممتدة من 1987 إلى 1998: شهدت المدينة تضاعفاً في حجمها العمراني، ويعزى هذا التضاعف إلى المعدل المرتفع للنمو السكاني الذي تجاوز 4% خلال هذه الفترة، والناجم عن الترقية الإدارية لميله في عام 1984، إضافةً إلى تدعيم المدينة بمجموعة من المشاريع التنموية في المجالات الاقتصادية والسكنية، كتشييد المنشآت الصناعية والخدمية، والمشاريع السكنية كالمسكن الجماعي (ZHUN) والتحصينات السكنية العمومية والخاصة، فضلاً عن استمرار التوسعات العشوائية.

ساهم تحرير السوق العقارية في التسعينات من خلال قانون التوجيه العقاري 25/90 المؤرخ في 1990/11/18 في الرفع من وتيرة التوسع العمراني الفوضوي عبر تجزئة الأراضي إلى تحصينات فوضوية من قبل الخواص.

تطورت الحضيرة السكنية لمدينة ميله بشكل سريع منذ سنة 1987 حيث قدر عدد المساكن بـ 4627 مسكن (RGPH, 1987). تطور هذا العدد بشكل سريع بفعل الوتيرة المتسارعة للتوسع العمراني وانتشار البناء الفردي، حيث تضاعف حجم الحضيرة السكنية ليلبغ 9801 مسكن سنة 1998 (RGPH, 1998)

بزيادة قدرت ب 5174 مسكن. خلال هذه الفترة برز نمط البناء الفردي بشكل كبير ليشكل 75% من عدد المساكن الجديدة (PCADCU, 2007).

ساهم انتشار البناء الفوضوي وظهور التخصيصات السكنية، إضافة إلى مشاريع السكن الجماعي التي شيدت بشكل كثيف خلال نهاية الثمانينات في زيادة حجم الحضيرة السكنية بشكل سريع خلال هذه الفترة لتلبية الطلب المتزايد على السكن من قبل الوافدين الجدد إلى المدينة وساهم في خفض معدل شغل المسكن الذي بلغ 5,5 سنة 1998.

تميز التوزيع المجالي للتوسع العمراني في هذه الفترة بالكثافة حول مركز المدينة على شكل كتلة متراسة، إلى جانب توسعات طولية فوضوية مبعثرة على امتداد محاور الطرق الرئيسية، في ظل غياب الرقابة القانونية للدولة بسبب التدهور الأمني في تلك الفترة.

عرفت معظم عواصم الولايات تضاعفا في مساحتها العمرانية في فترة وجيزة بعد ترقيتها إداريا واستفادتها من مختلف المشاريع التنموية، بالإضافة إلى تحرير سوق العقار، مما ساهم في زيادة وتيرة التوسع بشكل كبير وظهور مختلف المشاكل في المدينة. فقد أكد (تريكي، 2018) أن عملية التحضر السريع خلفت العديد من الآثار السلبية على المدن الجزائرية من ضمنها ظهور نمط البناء الفوضوي، وقد وافقته دراسة (Mazouz & Adad, 2018) التي بينت أن البرامج التنموية المتمثلة في التخصيصات السكنية، التجهيزات، السكنات الجماعية والفردية توطنت على أطراف المدينة وساهمت في توسعها. بينت نفس الدراسة أن مدينة عين البيضاء (ولاية أم البواقي) توسعت بشكل سريع في شكل توسعات موجهة للاستعمال السكني باستهلاك مساحة قدرها 467 هـ في الفترة بين 1987-1998.

في الفترة الممتدة من 1998 إلى 2008: عرفت المدينة انخفاضا كبيرا في معدل التوسع العمراني، بسبب تراجع النمو السكاني إلى 1,46% خلال هذه الفترة. تميز التوزيع المجالي للتوسعات العمرانية خلال هذه المرحلة بالانتشار الشعاعي حول المركز، لا سيما في المناطق الجنوبية واتجاهاتها الفرعية والمنطقة الغربية من المدينة.

شهدت الحضيرة السكنية خلال هذه الفترة زيادة أقل من الفترة السابقة. بلغ عدد المساكن 12009 سنة 2008 بزيادة قدرت ب 2208 مسكن أي نصف حجم الزيادة في الفترة بين 1987-1998 مع استمرار سيادة نمط السكن الفردي بنسبة 75% (RGPH, 2008). يعلل هذا الانخفاض في وتيرة الإسكان إلى تراجع نسبة النمو السكاني بشكل كبير والذي ساهم في تقليل الطلب على السكن، زيادة على توزيع أكثر

من 1200 وحدة سكنية جماعية في هذه الفترة (PCADCU, 2007)، مما ساهم في انخفاض الوثيرة السريعة للتوسع العمراني التي شهدتها الفترة السابقة.

خلال الفترة السابقة اعتبر توفر مقر للسكن في المدينة هو أهم الأولويات بالنسبة للوافدين دون النظر إلى توفر الشروط الأساسية لممارسة الحياة الطبيعية في المدينة خاصة في ظل التدهور الأمني فترة التسعينات. عكس ذلك، فقد تميزت هذه الفترة باكتساب السكان للسلوكيات الحضرية مما أدى إلى مطالبتهم بمختلف المرافق والخدمات الأساسية.

ساهم تطبيق توجيهات المخطط التوجيهي للتهيئة والتعمير خلال هذه الفترة في إرساء مختلف التجهيزات والمرافق من خلال استغلال الأوعية العقارية الشاغرة المتمثلة أساساً في العقارات الموروثة عن الاحتياطات العقارية، بالإضافة إلى تهيئة التوسعات العشوائية السابقة وتزويدها بمتطلبات الحياة الأساسية لتخفيف الضغط على مركز المدينة وضمان تنمية حضرية متوازنة وعادلة تشمل مختلف الفئات السكانية. إلا أن تطبيق توجيهات المخطط التوجيهي للتهيئة والتعمير في مدينة ميلة قيد بسبب الاستهلاك السريع للعقار الموجه لبرمجة المشاريع على المدى القريب والمتوسط، إضافة إلى سيادة الملكية الخاصة للأراضي مما استدعى النظر في توجه جديد للتوسع المستقبلي للمدينة.

تتفق هذه النتائج مع دراسة (Yamani & Trache, 2020) لمدينة مستغانم بين واقع التوسع العمراني وتدخل أدوات التعمير، حيث أشار إلى عدم قدرة هذه الأخيرة على توجيه التوسع الذي تميز ببروز النمط الفوضوي وسيادة الملكية الخاصة التي عرقلت تحديد خطة ممنهجة لتوسع المدينة. كما وضع الباحثين (Boukelouha & Labii, 2014) أن إشكالية مراجعة المخطط التوجيهي لبلدية ميلة تتمحور حول العديد من الجوانب أهمها التعمير النطاقي والفوضوي للمدينة الذي تسبب في زحفها عمرانياً نحو الضاحية وظهور المناطق المهمشة التي تتطلب إدراجها ضمن المجال العمراني للمدينة، زيادة على إشكالية الطبيعة القانونية للعقار وتوجهاتها.

في الفترة الممتدة من 2008 إلى 2020: شهدت المدينة ارتفاعاً كبيراً في وثيرة التوسع العمراني مقارنةً بالفترة السابقة، إذ تضاعف حجمها رغم استقرار معدل النمو السكاني في حدود 1,5% تقريباً. ويمكن تفسير هذا الارتفاع في وثيرة التوسع العمراني بالانتعاش الاقتصادي الذي شهدته البلاد في بداية القرن الحادي والعشرين، حيث توفرت مناصب شغل جديدة وارتفعت معدلات الأجور وتحسنت القدرة الشرائية للسكان، مما دفعهم إلى تغيير نمط حياتهم والبحث عن خيارات سكنية أكثر رفاهية.

تضخمت الحاضرة السكنية للمدينة بشكل كبير خلال هذه الفترة حيث بلغ عدد المساكن حوالي 22386 سنة 2020 أي بزيادة قدرت بـ 10377 مسكن منذ سنة 2008 (مكتب الإحصاء بلدية ميله 2023). يرجع السبب الرئيسي لهذه الوضعية إلى تحسن الظروف المعيشية للسكان، بالإضافة إلى ارتفاع أحجام الأسر الذي قدر بمتوسط 6 أفراد وارتفاع معدل شغل المسكن الذي بلغ 6,6 (RGPH, 2008). أدى ذلك إلى عملية تفريغ نحو أطراف المدينة في شكل توسعات أفقية، تمثلت في تعمير الحصص المتبقية من التخصيصات السكنية القانونية وإنشاء توسعات فوضوية جديدة شكلت البديل الأمثل من حيث سعر العقار والوفرة، في ظل النقص الكبير في مشاريع السكن الجماعي خلال هذه الفترة.

تميز التوزيع المجالي للتوسع العمراني خلال هذه المرحلة باتساع المسافة بين التوسعات الجديدة ومركز المدينة، واستمرارية التوسع نحو الضواحي واستهلاك المزيد من الأراضي الزراعية، خاصة في الجهة الغربية، الجنوبية الغربية والجنوبية. ويعزى انتقال التوسع العمراني نحو أطراف المدينة إلى توفر مختلف متطلبات الحياة في الأحياء الفوضوية القديمة التي استفادت من مشاريع التنمية، إضافة إلى انخفاض أسعار الأراضي على أطراف المدينة مقارنةً بالمناطق القريبة من مركز المدينة. كما وفرت التوسعات الفوضوية في مدينة ميله إمكانية الحصول على سكن لائق للطبقة المتوسطة بسبب انخفاض أسعار الأراضي، على عكس الأسعار المرتفعة للأراضي في التخصيصات السكنية القانونية.

توافق هذه النتائج دراسة (Seevarethnam, 2023)، فقد أشار إلى أن فئة كبيرة من السكان يفضلون أطراف المدينة حيث سعر الأرض منخفض ومساحة المسكن أوسع عكس وسط المدينة. تظهر هذه التوسعات في الغالب على شكل توسعات فوضوية خاصة في المدن التي تحيطها الأراضي التابعة للخواص. كما أكد الباحثين (Nassar & Elsayed, 2018) أن التوسعات الفوضوية هي نتاج لارتفاع الطلب على الإسكان في ظل غياب العرض، وتظهر بشكل واسع على أطراف المدينة حيث الملكية العقارية تابعة للخواص. في نفس الدراسة نوه الباحثين إلى أن ظاهرة البناء الفوضوي تظهر بشكل كبير في دول العالم الثالث التي تعاني من ضعف وتخلف منظومة التسيير العقارية والحضري للمدينة.

شهدت مدينة ميله ديناميكيات متذبذبة في أنماط توسعها العمراني، حيث تتناوب فترات الامتداد والانتشار مع فترات التكتيف والتركز. ويعزى هذا التذبذب إلى تأثير عاملين رئيسيين متداخلين.

يتمثل العامل الأول في ديناميكيات انتقال الملكية العقارية داخل المدينة. حيث تقوم جهات رأسمالية بشراء وتجميع قطع أراضي في مناطق مختلفة، ثم تقوم ببيعها عند ارتفاع أسعار الأراضي لتحقيق الربح (المضاربة العقارية). هذه العملية المتكررة من تناقل ملكية الأراضي بين الأفراد تؤثر بشكل كبير على وتيرة

ومعدلات التوسع العمراني، مما يدفع بأنماطه نحو التذبذب بين الامتداد والتكثيف. كما تلعب ظروف وشروط ملكية الأراضي (المنازعات القانونية وتغير ملكية الأرض) دورا محوريا في تحديد إمكانية التوسع.

فقد صرحت دراسة (Joshua et al., 2016) أن المضاربة العقارية من أحد المسببات الرئيسية للزحف العمراني والتوسعات منخفضة الكثافة، فالمناطق الشاغرة التي تنتج عن عملية المضاربة تساهم في انتشار التوسع العمراني على مساحات واسعة وتؤدي إلى تنمية منخفضة الكثافة وفي أغلب الأحيان فوضوية. تساهم هذه العملية بشكل عام في تفكيك النسيج العمراني وتوجيه التوسع العمراني كما هو الحال في مدينة ميله.

أشارت دراسة (Dadashpoor & Ahani, 2019) هي الأخرى إلى جانب آخر من عوامل التوسع المتذبذب للأراضي والتنمية المنخفضة الكثافة والمتمثل في المنازعات القانونية على ملكية الأراضي. قسم الباحثين هذه المنازعات إلى ثلاث فئات والمتمثلة في المنازعات بين الأفراد، المنازعات بين الأفراد ومؤسسات الدولة والمنازعات بين المؤسسات فيما بينها. تمثل الفئة الأولى أكثر المنازعات تعقيدا حيث يمكن أن تدوم لوقت طويل مما يؤثر على استمرارية النسيج العمراني في المدينة، تمثل هذه الفئة الأكثر انتشارا في مدينة ميله، تليها الفئة الثانية والتي في الغالب لا تستغرق وقت طويل في الفصل فيها وذلك لوجود قوانين تسمح للمؤسسات بحيازة ملكية الأرض (حق الشفعة وحيازة الملكية للصالح العام). أما الفئة الأخيرة فيتم الفصل فيها غالبا في وقت وجيز.

أما العامل الثاني فيتمثل في نمط التعمير السائد في المدينة المتمثل في البناء الفردي والتعمير النطاقي (zoning). يعتمد البناء الفردي بشكل كبير على نمط البناء الذاتي من قبل الأفراد. حيث يخضع هذا النمط إلى تداخل العديد من العوامل مثل القدرة المالية، الهدف من البناء ومدى الحاجة إلى البناء وغيرها من العوامل التي تساهم في التحكم بالشكل العمراني من حيث الاستمرارية والتفكك. ونظرا لأن الاستخدام السكني يهيمن على معظم استعمالات الأراضي في المدينة، فإن نمط البناء الذاتي ينعكس بشكل مباشر على جميع اتجاهات التوسع العمراني فيها. وفي شكل آخر، فإن التعمير النطاقي يسمح بتوسع المدينة باتجاهات مختلفة حسب الحاجة إلى كل نوع من استعمالات الأرض.

اتفقت كل من دراسة (Boukelouha & Labii, 2014; Djenette & ZEGHLACH, 2012)

على أن التعمير النطاقي وتوسع البناء الفردي الذي يميزه نمط البناء الذاتي المسببين الرئيسيين لتحديد اتجاهات التوسع والشكل العمراني لمدينة ميله في شكل بقعة زيت. كما أشارت الدراستين أن التوسع العمراني للمدينة يميزه النمط الزاحف نحو أطراف المدينة، عدم التجانس في توزيع الوظائف الحضرية والتفكك في

النسيج العمراني والذي أدى إلى فقدان السيطرة على توسع المدينة وعدم قدرة أدوات التعمير على وضع حد لهذه الوضعية.

وبالتالي، فإن التفاعل المعقد بين نمط التعمير القائم على البناء الذاتي وديناميكيات انتقال الملكية العقارية، هو ما يفسر الطبيعة المتذبذبة لأنماط التوسع العمراني في مدينة ميله. حيث تعمل هذه العوامل المتداخلة على تعزيز اتجاهي الامتداد والتكثيف بشكل متناوب وفقا للظروف السائدة في فترات زمنية مختلفة.

يمكننا تلخيص واقع التوسع العمراني في مدينة ميله على أنه توسع مكثف حول مركز المدينة ممتد على أطرافها، تتحكم فيه العديد من العوامل الاجتماعية والاقتصادية وعوامل السياسة العمرانية. يبرز الشكل العمراني للمدينة اختيارات التوسع بين النمط الفوضوي والتعمير المخطط.

من خلال هذا التحليل تمكنا من تحديد اتجاهات التوسع العمراني وأنماطه وأشكاله بالإضافة إلى تحديد وتيرته ومقداره عبر مختلف الفترات الزمنية للدراسة. رغم ذلك فإن تحديد أسباب التوزيع المجالي للتوسع العمراني لمدينة ميله يتطلب معرفة العلاقة بينه وبين مختلف المحددات الطبيعية، الاجتماعية، الاقتصادية والسياسة العمرانية. وبالتالي، نعتبر أن الفرضية الأولى للدراسة صحيحة حيث تشير إلى أن القياس الكمي للتوسع العمراني وأنماطه المكانية يمكننا من الفهم الجزئي لواقع التوسع العمراني لمدينة ميله، حيث لا يملك القدرة على تفسير العلاقة بينه وبين عوامله الدافعة التي تفسر طبيعة توزيعه المجالي.

للتحقق من هذه العلاقة المجالية اخترنا مجموعة من المتغيرات لدراسة كل عامل مجاليا لتفسير العلاقة بين التوسع العمراني ومحدداته وبناء سيناريو مستقبلي متوازن لتوسع المدينة.

2. تقييم العلاقة بين التوسع العمراني ومحدداته:

باستعمال نموذج الانحدار اللوجستي تحققنا من العلاقة بين التوسع العمراني ومحدداته الطبيعية والسوسيو اقتصادية الممثلة بثمانية متغيرات وهي: الانحدار، الارتفاع، المسافة إلى الشعب، المسافة إلى النسيج العمراني القائم، المسافة إلى شبكة الطرق، المسافة إلى خطوط النقل، المسافة إلى مركز المدينة، المسافة إلى التجهيزات، وكثافة السكان. أظهر النموذج أن جميع هذه المتغيرات تؤثر على التوسع العمراني لمدينة ميله بدرجات متفاوتة واتجاهات مختلفة ماعدا المسافة إلى الشعب.

تطرقنا إلى تحليل العلاقة بين التوسع العمراني ومحددات السياسة العمرانية على حد من خلال تطبيق قياسات اعتمدت على تحليلات نظم المعلومات الجغرافية. أظهرت النتائج أن التوسع العمراني في مدينة ميله تأثر بشكل كبير بالتغير في الوضعية القانونية للعقار.

خلال هذا الجزء يمكننا ربط نتائج الدراسة مع نتائج الدراسات السابقة ومقارنتها فيما بينها لتبرير الاختلافات في قوة تأثير المحددات خلال الفترات الزمنية الثلاث.

1.2. المحددات الطبوغرافية (الطبيعية):

تعتبر المحددات الطبوغرافية من أهم العوامل المتحكمة في التوسع العمراني، حيث تأثر على شكله واتجاهاته وكلفته. أثرت الانحدارات بشكل كبير على التوسع العمراني لمدينة ميله حيث اظهر النموذج وجود علاقة عكسية أي أن احتمالية التوسع العمراني تزيد في المناطق قليلة الانحدار في كل من الفترة بين 1987-1998، 1998-2008 و 2008-2020 مع وجود اختلاف بسيط في معامل الانحدار، وبالتالي فإن التوسع العمراني في مدينة ميله يجذب نحو المناطق قليلة الانحدار، توزعت التوسعات العمرانية بنسبة 71% على الأراضي التي يقل انحدارها عن 15%.

تميزت أغلب التوسعات الجديدة في المدينة منذ 1987 بسيادة نمط البناء الفردي. وبالتالي، فإن تكاليف تشييد البناية تقع على عاتق صاحبها، مما يتطلب منه اختيار موقع يتميز بقلة الانحدار والعوائق الطبيعية التي تزيد من كلفة البناء. اتفقت هذه النتائج مع العديد من الدراسات لمختلف المدن من بينها مدينة بيكين (الصين)، مدينة بن سليمان (المغرب)، مدينة عين البيضاء، أم البواقي (الجزائر) (X. Li et al., 2013b; Merakchi et al., 2024; Mohamed et al., 2020)

في نفس السياق تأثر التوسع العمراني في المدينة بشكل كبير بزيادة الارتفاع خاصة في الفترة بين 1987-2008، يرجع ذلك إلى أن التوسع العمراني اتجه نحو الجهة الجنوبية التي ترتفع بشكل مستمر على مستوى النسيج العمراني القائم.

خلصت معظم الدراسات إلى أن التوسع العمراني يفضل المناطق المنخفضة ففي العموم تعمير هذه المناطق يتطلب كلفة أقل (X. Li et al., 2013b; Salem et al., 2018)، وبالتالي فهذه النتائج تعتبر مخالفة للنتائج المتوصل إليها في دراستنا. ومن وجهة نظر أخرى، أشارت الدراسة التي أجريت في مدينة لاغوس، نيجيريا أن التوسع في المناطق المرتفعة يقلل الكلفة من حيث تصريف المياه (Braumoh & Onishi, 2007).

يمكننا تفسير توجه التوسع في مدينة ميله نحو المناطق المرتفعة إلى وجود عوائق للتوسع في كل من الجهة الشرقية والشمالية الشرقية تتمثل في منحدرات شديدة غير قابلة للتعمير تتميز بانجراف التربة، وبالتالي فإن التوجه نحو الجهة الجنوبية والجهة الغربية هو خيار أفضل، حيث التدرج في الارتفاع لم يشكل عائق للتوسع، لكن ساهم من جهة أخرى في تجزئة النسيج العمراني من خلال الشبكة الكثيفة للشعب والمناطق ذات انحدار يفوق 15% التي تنتشر عموماً في الجهة الجنوبية والجهة الغربية.

2.2. المحددات السوسيو اقتصادية:

استعملنا في دراستنا ست متغيرات تعبر عن الوضعية السوسيو اقتصادية للمدينة وذلك نظراً لأهميتها البارزة في توجيه التوسع العمراني من خلال ما أثبتته مختلف الدراسات السابقة، تميزت العلاقة بين هذه المتغيرات الست والتوسع العمراني لمدينة ميله بالتغير في قوة التأثير بالنسبة لكل المتغيرات والتغير في اتجاه العلاقة بالنسبة للمسافة إلى النسيج العمراني من موجبة إلى سالبة، وبالنسبة للمسافة إلى مركز المدينة من سالبة إلى موجبة. تتمثل هذه المتغيرات في:

أ) المسافة إلى النسيج العمراني:

في الفترة الأولى (1987-1998)، كان هناك توجه واضح للتوسع العمراني نحو المناطق البعيدة عن النسيج الحضري القائم، وذلك بسبب انتشار البناء الفوضوي والتحصينات السكنية منخفضة الكثافة، والتي كانت تستجيب للطلب المتزايد على السكن نتيجة الزيادة السكانية الكبيرة بعد الترقية الإدارية لعام 1984.

أما في الفترة الثانية (1998-2008)، فقد انعدمت العلاقة بين التوسع العمراني والمسافة إلى النسيج العمراني، حيث شهدت هذه الفترة توازناً بين التوسعات القريبة والبعيدة عن المناطق المعمرة. وذلك يعود إلى جهود تكثيف النسيج الحضري من خلال المشاريع والتجهيزات العمومية، إلى جانب استمرار البناء الفوضوي بشكل متناثر واستمرار ظهور التحصينات في أطراف المدينة.

في المقابل، انعكست العلاقة في الفترة الأخيرة (2008-2020)، حيث انجذبت التوسعات الجديدة نحو المناطق القريبة من النسيج العمراني القائم. ويرجع ذلك إلى توفر المتطلبات الاجتماعية والاقتصادية للسكان في المناطق المعمرة مسبقاً، بالإضافة إلى انتشار التنمية الحضرية نحو أطراف المدينة وتوفر وسائل النقل والمواصلات والمرافق والشبكات.

بشكل عام، يمكن ملاحظة تغير في توجهات التوسع العمراني فيما يتعلق بالمسافة إلى النسيج العمراني القائم، حيث انتقلت من التركيز على المناطق البعيدة إلى التوازن بين القريب والبعيد، ثم إلى

التركيز على المناطق القريبة، وذلك بناءً على العوامل المختلفة مثل الطلب على السكن، البناء الفوضوي، توفر الخدمات والبنية التحتية، وانتشار التنمية الحضرية.

أكد الباحث (W. Wu et al., 2019b) أن التوسعات العمرانية الجديدة تتأثر بالقرب من النسيج الحضري القائم في حالة أن شبكة النقل والطرق بعيدة عن هذه التوسعات. عكس ذلك، فإن انجذاب التوسعات الجديدة للمناطق المعمرة يقل مع توفر النقل وشبكة الطرق حيث تنتقل الاعتمادية على مركز المدينة الذي يوفر كمية أكبر من الخدمات والفرص. حيث يظهر هذا النمط بشكل واضح على التوزيع المجالي للتوسع العمراني لمدينة ميله.

ب) المسافة إلى الطرق:

تمثل الطرق الشريان الأساسي للتنمية الحضرية وتوسع المدن، حيث تعتمد المدينة عليها لتحقيق الديناميكية الحضرية. انجذب التوسع العمراني في مدينة ميله نحو الطرق بشكل كبير في جميع فترات الدراسة لكن بوتيرة متناقصة. فقد توسعت المدينة في المرحلة الأولى بشكل واسع حول محاور الطرق واستمر هذا التوسع إلى غاية المرحلة الثانية. عملت الدولة في الفترة بين 1987 إلى 2008 على مد شبكة الطرق إلى مختلف المناطق المعمرة ضمن مشاريع التهيئة العمرانية في إطار المخطط التوجيهي للتهيئة والتعمير لمواكبة توسع المدينة.

عموماً، تمثل شبكة الطرق المحرك الأساسي للتوسع العمراني في مدينة ميله والعديد من المدن وخاصة في شمال إفريقيا منها باتنة (الجزائر)، المنستير (تونس)، مقاطعة الجيزة، القاهرة (مصر) (Fekkous et al., 2023; Rejeb Bouzgarrou et al., 2019; Osman et al., 2016) أشارت هذه الدراسات أن الاعتمادية على شبكة الطرق والسيارة الفردية ومختلف وسائل النقل ساهم بشكل كبير في توسع المدينة وإنتاج شكلها العمراني، كما وفرت المناخ الملائم لرحلتها نحو الضاحية، غالباً في شكل توسع خطي (على محاور الطرق).

في الفترة الأخيرة بين 2008 و2020، شهدت المدينة ارتفاعاً كبيراً في وتيرة التوسع العمراني في شكل توسعات منخفضة الكثافة أغلبها توسعات فوضوية، تراجع خلالها تأثير الطرق على التوسع العمراني. يعزى هذا التراجع في التأثير إلى الوتيرة السريعة في عملية التوسع في مناطق جديدة لا تعتمد على محاور الطرق كأساس للتوسع وإنما على قربها من المناطق المعمرة مسبقاً والتي استفادت من مختلف المشاريع التنموية (طرق، شبكات مختلفة، مرافق ...)، لاستعمالها كمبرر للمطالبة بمختلف المشاريع التنموية. أشار

الباحث (Ochocho et al., 2018) إلى أن التوسعات الفوضوية تتوجه نحو أطراف المدينة حيث تتناقص كثافة شبكة الطرق ومختلف الشبكات.

ج) المسافة على خطوط النقل:

يرتبط التخطيط الناجح لتوزيع خطوط النقل على التوزيع المتوازن لشبكة الطرق وتحديد الكثافة السكانية. ارتبط التوسع العمراني في مدينة ميلا بشكل كبير بخطوط النقل، فقد ساهمت هذه الأخيرة في جذب التوسعات الجديدة نحوها خاصة وأنها تتوزع اعتمادا على محاور الطرق الرئيسية في المدينة.

شهد تأثير خطوط النقل على التوسع منحنى تصاعديا العمراني بين 1987 و2008، يعزى ذلك إلى تمديد خطوط النقل لمواكبة التوسع العمراني الذي شهدته المدينة والذي اعتمد على شبكة الطرق كمحرك أساسي للتوسع. انخفض تأثيرها في الفترة بين 2008-2020 وذلك لتوجه التوسع العمراني بعيدا عن محاور النقل، يعزى ذلك إلى تشعب المناطق القريبة من الطرق، بالإضافة إلى زيادة الاعتمادية على السيارة الفردية.

أشارت دراسة (Adjeroud et al., 2019) أن التنقلات في مدينة ميلا سنة 2016 بلغت 112000 تنقل في اليوم، أي بمعدل 1,49 تنقل في اليوم لكل فرد مقسمة بين 32% تنقل على الأرجل، 30% تنقل باستخدام النقل الجماعي و21% باستخدام السيارة الفردية، أغلب هذه التنقلات موجهة نحو مركز المدينة.

على العموم، يرتبط التوسع العمراني في مدينة ميلا بشبكة الطرق والمواصلات بشكل كبير، يرجع ذلك لحاجة السكان للتنقل لتلبية مختلف الحاجيات كالتنقل نحو أماكن الشغل، المرافق الخدماتية، المراكز التجارية وغيرها والتي تتركز حول مركز المدينة. فقد ساهم النمط الممتد للتوسع العمراني لمدينة ميلا على زيادة الحاجة للتنقل إلى مركز المدينة الذي يوفر مختلف المتطلبات للسكان.

في نفس سياق نتائج الدراسة أكد الباحث (Kasraian et al., 2019) أن السكان والتوسعات الجديدة تنجذب نحو المناطق التي تتوفر على خطوط النقل. كما أشار على ضرورة مد خطوط النقل بالتوازي مع تمديد شبكة الطرق لتوجيه التوسع. فيما عرضت بعض الدراسات الأخرى دور شبكة النقل في عملية التنقل نحو الضاحية وتحقيق اللامركزية الحضرية للسكان والمؤسسات الاقتصادية (Garcia-López, 2012; Kasraian et al., 2019; Yudhistira et al., 2019).

تختلف هذه الدراسات مع دراستنا في نوعية وسائل النقل الجماعي المتمثل في القطار والميترو، عكس مدينة ميلا التي تعتمد بشكل كبير على النقل الجماعي بالحافلات والذي يمثل أهم وسيلة نقل في

المدينة إلى غاية سنة 2012، ظهر تغير في نمط التنقلات وبداية الاعتماد على النقل الحضري باستعمال السيارة. هذا ما يقودنا إلى نتيجة أخرى تشاركها العديد من الدراسات وهي أن المدن الزاحفة ترفع من الاعتمادية على السيارة الفردية سواء شخصية أو عمومية (Brunner, 2012; Kakar & Prasad, 2020; McIntosh et al., 2014).

د) المسافة إلى مركز المدينة:

تمثل مراكز المدن أماكن التجمعات الخدماتية والتجارية والمالية. تمتلك المدن الجزائرية هذه الخاصية بالإضافة إلى الخصائص التاريخية والاجتماعية التي تربط مراكز المدن بمحيطها.

انجذب التوسع العمراني لمدينة ميلة نحو مركز المدينة بشكل تصاعدي في الفترة بين 1987-2008. فقد ساهم توفر العقار التابع للدولة حول المركز في إقامة مختلف التجهيزات العمومية في إطار المخطط التوجيهي للتهيئة والتعمير، إضافة إلى توسع التخصيصات السكنية القريبة من المركز بشكل سريع. تميزت مدينة ميلة بشكل عمراني شعاعي مركزه النواة الاستعمارية التي تمتلك مختلف المؤهلات الاقتصادية والاجتماعية والتاريخية التي تجذب السكان نحوها، إضافة إلى كون المناطق المحيطة بها تمثل تجمعات إدارية وخدمية. تتوافق هذه النتائج مع قياس الأنماط المكانية للتوسع العمراني في مدينة ميلة، حيث أشرنا سابقا إلى أن البقع الحضرية تجمعت حول الكتلة المركزية بشكل كبير خلال سنة 1998 و2008. هذا النمط من التوسع القريب من مركز المدينة ميز أغلب المدن الجزائرية خاصة المدن التي ترقى إلى عواصم ولايات بعد 1974 و1984، بحكم أن أغلبها مدن صغيرة ومتوسطة مساحتها العمرانية تمثل في الغالب مساحة مركزها التاريخي الموروث عن الاستعمار. كما يمكن الإشارة إلى أهمية المركز في المدن الجزائرية خاصة الصغيرة والمتوسطة، الذي يعتبر مكان تجمع لأهم النشاطات التجارية والخدمية.

انعكست العلاقة بين التوسع العمراني ومركز المدينة في الفترة بين 2008-2020، حيث فضل التوسع المناطق البعيدة عن المركز. يرجع ذلك إلى تشعب المناطق المحيطة به، بالإضافة ارتفاع سعر العقار في المناطق القريبة من المركز مقارنة بالمناطق البعيدة.

مع استمرارية الزيادة في عدد السكان وزيادة الطلب على السكن ومختلف المتطلبات الاقتصادية والاجتماعية، عرفت مدينة ميلة تحولا في توزيع التوسعات الجديدة التي فضلت المناطق الأبعد عن مركز المدينة وذلك لتشعب المناطق القريبة من المركز. عرفت معظم المدن الجزائرية نفس النمط الزاحف في نسجها العمراني وذلك لتوسع المناطق السكنية والخدمية وبالأخص المدن الصناعية والمدن الكبرى. اختلفت سرعة وحجم الزحف العمراني حسب حجم وأهمية المدينة.

شهدت مختلف المدن حول العالم اتصالاً قوياً مع مركز المدينة في مراحل تطورها الأولى، لكن هذا الاتصال تناقص مع مرور الزمن باتساع المدينة وتوجه التوسعات الجديدة نحو الضاحية (Sub-urbanization). فحسب (Reilly et al., 2009) عرفت مدينة بانغالور (الولايات المتحدة الأمريكية) نفس نمط التوسع لمدينة ميله، حيث دام ارتباط التوسع العمراني بالقرب من مركز المدينة إلى غاية 1990، ثم تحول اتجاه التوسع نحو الضاحية بشكل متدرج. أكد الباحث أن استمرارية الاعتماد على مركز المدينة يرتبط بتركز النشاطات وأماكن العمل والخدمات، إلا أن أغلب التوسعات البعيدة عن المركز تتوجه للاستعمال السكني.

تعتبر علاقة التوسع العمراني والمسافة إلى مركز المدينة والمسافة إلى النسيج العمراني علاقة متداخلة وغير مفهومة ويمكن أن تؤدي إلى حدوث تداخل في التفسيرات. إلا أن النتائج تعتبر منطقية وذلك من خلال ما يلي:

❖ في الفترة بين 1987-1998: تميز الشكل العمراني في هذه الفترة بالتشتت أي أن التوسعات العمرانية ظهرت في شكل بقع محيطة بمركز المدينة على طول محاور الطرق الرئيسية. أي قرب مركز المدينة ومتباعدة فيما بينها.

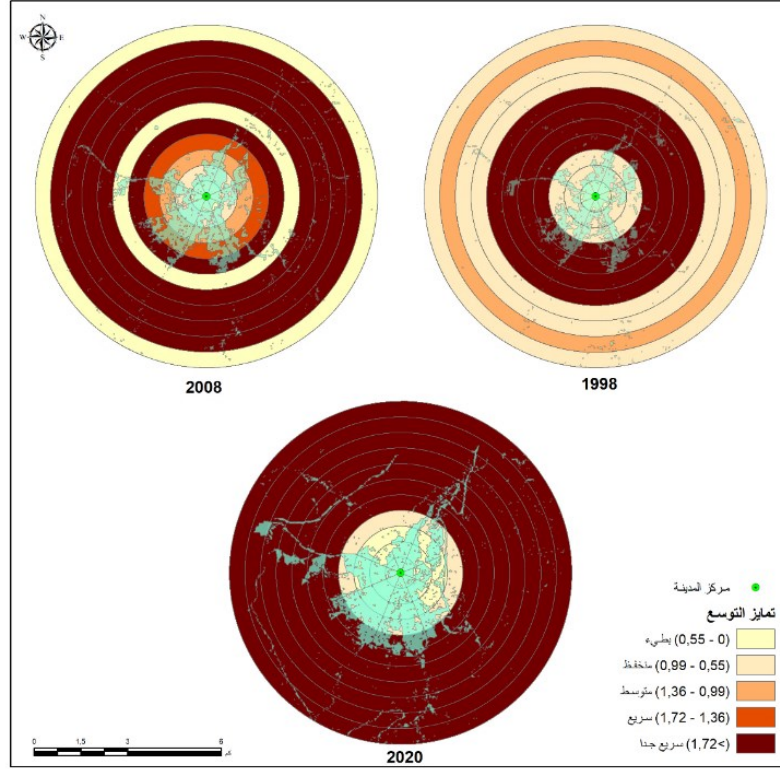
❖ في الفترة بين 1998-2008: توجه التوسع العمراني نحو التكتل حول مركز المدينة بشكل متراس أي أن العلاقة بين التوسع العمراني ومركز المدينة استمرت في الارتفاع. عكس ذلك فإن العلاقة بين التوسع العمراني والمسافة إلى النسيج العمراني انعدمت وذلك لوجود توازن في توزيع التوسعات في اتجاهات مختلفة بين المناطق القريبة والبعيدة عن النسيج العمراني.

❖ في الفترة بين 2008-2020: انعكست العلاقة تماماً، فقد فضلت التوسعات الجديدة المناطق القريبة من النسيج العمراني والبعيدة عن مركز المدينة. يفسر ذلك من خلال العديد من المبررات، كعدم توفر الامكانية للتوسع في المناطق القريبة من المركز بسبب تشبع المناطق المحيطة به، إضافة إلى ارتفاع سعر الأرض والخصائص الطبيعية لموضع المدينة التي تعيق التوسع. وبالتالي، فإن البديل هي المناطق البعيدة عن المركز التي تتميز بسعر العقار منخفض. انجذب التوسع العمراني في هذه الفترة نحو المناطق المعمرة مسبقاً للاستفادة من القرب إلى مختلف الخدمات والشبكات المختلفة لتلبية احتياجاتهم الوظيفية من جهة، ومن جهة أخرى لاستغلالها كأداة ضغط على الدولة لإدراجها ضمن البرامج التنموية خاصة لقربها من مختلف الشبكات.

❖ ملاحظة: يمكن أن يكون سبب هذه النتائج توزيع نقاط العينة العشوائية، حيث أن معامل الارتباط يمكن أن يكون مرتفع بالنسبة للمتغيرين.

❖ من خلال الخريطة رقم 15 (المحور الثاني، الخصائص المجالية للتوسع) عبرت عن اختيارات التوسع في المدينة ويمكن أن تقدم توضيحا بصريا بين انجذاب التوسع نحو مركز المدينة وابتعاده عن النسيج العمراني والعكس.

خريطة رقم 15: اختيارات التوسع العمراني في مدينة ميله عبر الدوائر المترازة بين 1987 - 2020.
(ذكرت سابقا)



المصدر: نتائج الدراسة.

هـ) المسافة إلى التجهيزات:

توفر التجهيزات العمومية مختلف الخدمات لسكان، بالإضافة إلى كونها مقر للعمل. تميز التوزيع المجالي للتجهيزات في مدينة ميله بعدم المساوات بين مركز المدينة وأطرافها، فقد شهدت العلاقة بين التوسع العمراني والمسافة على التجهيزات العمومية منحى عكسيا في الفترة بين 1998 إلى 2008، حيث فضل التوسع العمراني المناطق البعيدة عن التجهيزات. يرجع ذلك إلى تركيز هذه الأخيرة حول مركز المدينة.

في الفترة الموالية من 2008 إلى 2020 فضل التوسع العمراني للمدينة المناطق الأقرب إلى التجهيزات العمومية، يفسر ذلك من خلال انجذاب التوسع العمراني في هذه الفترة إلى النسيج العمراني القائم

الذي استفاد من مختلف البرامج التنموية منها التجهيزات العمومية في إطار المخطط التوجيهي للتهيئة والتعمير.

استحوذت التجهيزات العمومية على مساحة قدرت بـ 133,56 هـ أي 14,5% من مساحة المدينة، يحتل قطاع التعليم أكبر نسبة من مساحة الاستخدام الخدمي بـ 40%، يليه قطاع الصناعة والنشاطات بـ 28% وتمثل نسبة الاستخدامات الإدارية 11%، فيما تتقاسم البقية أنواع الاستخدامات الخدمية نسبة 21% من مساحة التجهيزات في المدينة (بوشلوش، 2017).

يتمثل السبب الرئيسي لعدم انجذاب التوسع العمراني للمناطق القريبة من التجهيزات العمومية للتوزيع الغير العادل لهذه الأخيرة من جهة، وانتشار البناء الفوضوي بشكل واسع وسريع من جهة أخرى مما صعب على الفاعلين توطئ مختلف التجهيزات. رغم ذلك، فقد تم تزويد مختلف هذه التجمعات الفوضوية بالتجهيزات والمرافق الأساسية المتمثلة عموما في التجهيزات التعليمية والصحية، والتي شجعت التوسعات الجديدة (فوضوية) على الانتشار في المناطق القريبة من الأنسجة الفوضوية القديمة.

تطرقنا في دراستنا إلى تأثير مجمل أصناف التجهيزات على التوسع العمراني حيث أشار النموذج إلى انجذاب ضعيف لهذا الأخير للقرب من التجهيزات. رغم ذلك، فإن التوزيع المجالي لهذه التجهيزات يتوطن في المدينة حسب الاحتياج وحسب العديد من المعايير، فمثلا التجهيزات الصناعية تتوطن على أطراف المدينة في مناطق تخدم هذا النوع من النشاط من حيث سهولة الوصول والقرب من شبكة تصريف المياه القذرة. عكس ذلك فإن التجهيزات التعليمية تتوطن في المناطق الكثيفة سكانيا ويمكن أن تشكل أحد العوامل الجاذبة للسكان نظرا لأهميتها من حيث التنقل للدراسة أو العمل بحكم أن قطاع التعليم هو أكبر قطاع من حيث عدد الموظفين. يمكن دعم هذه الفرضية من خلال نتائج الدراسة التي تناولت تأثير التجهيزات التعليمية والصناعية على مدينة ميلة وتوصلت إلى أن احتمالية التوسع العمراني في المناطق القريبة من التجهيزات التعليمية مرتفعة بشكل كبير، في حين أن العلاقة بين التوسع العمراني والتجهيزات الصناعية منعدمة (Zineddine & Boulkaibet, 2023).

تتفق هذه النتائج مع دراسة (Zhao, 2010)، حيث أقر أن الزحف العمراني لمدينة بيكين (الصين) الذي يقوده نمط استخدام الأرض السكني أدى إلى ارتفاع الاعتمادية على السيارة الفردية والتنقل إلى مركز المدينة للوصول إلى مختلف الخدمات. عكس ذلك، فإن تدخل الدولة وتوطئ مختلف المشاريع التنموية ومختلف التجهيزات الخدمية لفك العزلة على هذه المناطق الفوضوية ساهم في جذب وزيادة وتيرة هذه التوسعات الفوضوية.

و) كثافة السكان:

أثبتت العديد من الدراسات أن الزيادة في عدد السكان يمثل المحرك الرئيسي للتوسع العمراني في المدن. لكن استخدام عدد السكان في منطقة الدراسة بأكملها يرتبط أكثر بالطلب على الأراضي الحضرية، وله تأثير أقل على توزيع التوسع العمراني. بدلاً من ذلك، فإن التحقق من العلاقة بين توزيع الكثافة السكانية ومناطق التوسع يمكن أن يوضح العلاقة بين المتغيرين بشكل أفضل.

عرفت مدينة ميله توزيع غير منتظم للكثافة السكانية عبر مجالها العمراني في مختلف فترات الدراسة، رغم ذلك فإن التوسع العمراني للمدينة انجذب بشكل كبير للمناطق ذات الكثافة السكانية المرتفعة. يرجع ذلك إلى أن المناطق ذات الكثافة السكانية العالية تتوزع حول محاور الطرق الرئيسية وخطوط النقل، بالإضافة إلى توفرها على مختلف المرافق الضرورية للحياة، مما ساهم في انجذاب التوسعات العمرانية نحوها خاصة التوسعات الفوضوية.

عززت هذه النتائج من قبل العديد من الدراسات التي أثبتت أن التوسع العمراني ينجذب إلى المناطق ذات الكثافة السكانية المرتفعة في مختلف مدن العالم على غرار مدينة ميله، الجزائر (Zineddine & Boulkaibet, 2023)، مدينة القاهرة، مصر (Salem et al., 2018)، سانت لويس، الولايات المتحدة الأمريكية (Maimaitijiang et al., 2015)، كاثماندو، نيبال (Thapa & Murayama, 2010)...

3.2. محددات السياسة العمرانية:

تمثل السياسة العمرانية دور الدولة في تسيير التوسع العمراني من خلال مختلف القوانين والمخططات. لمعرفة العلاقة بين التوسع العمراني والسياسة العمرانية قمنا بتقسيم هذه الأخيرة إلى متغيرين يتمثلان في الوضعية القانونية للتعيمير وطبيعة الملكية العقارية.

1.3.2. الوضعية القانونية للتعيمير:

تتمثل الوضعية القانونية للتعيمير في التعيمير المخطط والتعيمير الغير مخطط، حيث يعبر عن التعيمير المخطط كل التوسعات العمرانية التي تخضع لتوجيهات المخططات العمرانية (PDAU، PUD). وتندرج تحت تسمية التعيمير الغير مخطط كل التوسعات الفوضوية الغير الخاضعة لتوجيهات أدوات التعيمير.

أ) التعمير المخطط:

يندرج ضمن التعمير المخطط كل العمليات العمرانية الخاضعة لتدخل الدولة. ركزنا في دراستنا على جانب السكن (سكن جماعي وتحصيصات سكنية) والتجهيزات العمومية نظرا للمساحة العمرانية المستهلكة. أظهرت النتائج أن 30% من مساحة التوسعات العمرانية الجديدة تم تخطيطها مسبقا، في حين أن النسبة المتبقية توسعت فوضويا.

أ-1) السكن الجماعي:

استقادت مدينة ميله من مجموعة صغيرة من المشاريع السكنية الجماعية من 1974 إلى 1989 تمثلت في 470 مسكن جماعي بمساحة 4,78 هـ موزعة على موقعين. الموقع الأول جنوب النواة الاستعمارية (حي قصر الماء) استقادت من 70 مسكن موزعة على 7 عمارات، والموقع الثاني شمال النواة الاستعمارية (حي بوطوط) استقادت من 400 مسكن موزعة على 40 جناحا (بوشلوش، 2017). وبالتالي فإن حصيلة المدينة من هذا النمط من البناء جد متدنية في هذه الفترة.

بعد سنة 1990 عرف هذا النمط انتعاشا من حيث عدد المشاريع نظرا للطلب المتزايد على السكن، توطنت أهم هذه المشاريع حول النواة الاستعمارية ضمن حدود المخطط العمراني الموجه (PUD) نذكر منها بـ 500 مسكن + 48 مسكن + 140 مسكن (شمال غرب وغرب النواة)، 562 مسكن (الحي الشمالي)، 130 مسكن (بقصر الماء)، 450 مسكن + 300 مسكن + 500 مسكن (جنوب النواة)، 140 مسكن (حي بو الرقايد أقصى الغرب)، 300 مسكن (حي العوامر أقصى الجنوب) (بوشلوش، 2017).

تراجعت وتيرة إنتاج السكن الجماعي بشكل كبير بعد سنة 2000 يرجع ذلك لطبيعة الملكية العقارية في المدينة التي تغلب عليها الملكية الخاصة. وبالتالي فإن توزيع المشاريع السكنية الجماعية في هذه الفترة تميز بالتبعثر تبعا للمساحات الشاغرة ضمن النسيج العمراني.

تتكون مجموعة السكنات الجماعية في مدينة ميله من 4000 وحدة أي 27% من عدد مساكن المدينة موزعة على 447 جناحا، تتركز أغلبها حول النواة الاستعمارية ضمن حدود الاحتياطات العقارية، فيما تتوزع البقية على مناطق مختلفة من المدينة على شكل نقطي، استهلكت في مجملها 44 هـ أي ما يعادل 5% من مساحة المدينة (بوشلوش، 2017) (خريطة رقم 39).

أ-2) التخصيصات السكنية:

اتخذ إنتاج التخصيصات السكنية نفس المنحى مقارنة بالسكن الجماعي، فقد انطلقت سياسة التخصيصات بصدر الأمر 26/74 أين تم توفير الوعاء العقاري لاستيعاب مختلف البرامج المسطرة من قبل الدولة.

عرفت الفترة بين 1974 و1989 انطلاق عملية التخصيص في مدينة ميله بوتيرة منخفضة مستغلة الوعاء العقاري التي وفرته الاحتياطات العقارية. تم إنشاء ثلاث تخصيصات موزعة على ثلاث مناطق مختلفة بمجموع 422 قطعة بمساحة 26,71 هـ شكلت 5% من مساحة المدينة و9% من عدد المباني في هذه الفترة، موزعة على التخصيص الشمالي سنة 1981 (115 قطعة بمساحة 6,68 هـ) طريق لقرارم، التخصيص الغربي سنة 1982 (180 قطعة بمساحة 11,56 هـ) بمحاذات الطريق الوطني رقم 79 اتجاه فرجيوة، والتخصيص الجنوبي سنة 1982 (127 قطعة بمساحة 8,54 هـ) جنوب مستشفى الإخوة مغلاوى حاليا (المصالح التقنية لبلدية ميله).

الفترة التي تلت سنة 1990 شهدت إنجاز معظم التخصيصات السكنية في المدينة. تم تنفيذ هذه المشاريع على مساحة 67,39 هكتار، ما يمثل 14,31% من إجمالي مساحة التوسع خلال هذه الفترة، أغلب هذه التخصيصات تم توطينها غرب المدينة (المصالح التقنية لبلدية ميله). من بين هذه التخصيصات:

- تخصيص بن معمر: 334 قطعة، أنجز سنة 1995 على مساحة 16,78 هـ.
 - تخصيص بوالمرقة: 521 قطعة، أنشئ سنة 1996 على أرض تابعة للخواص بمساحة 25,42 هـ.
 - تخصيص بوالرقايد: 227 قطعة، أنجز سنة 1997 على مساحة 9,15 هـ.
 - تخصيص بن محجوب: 243 قطعة، أنجز سنة 1998 على مساحة 10,60 هـ.
 - تخصيص بوالمرقة الثاني: 36 قطعة، أنجز سنة 2002 على أرض خاصة بمساحة 2,11 هـ.
- إضافة إلى ذلك، تم إنشاء خمس تعاونيات عقارية (المصالح التقنية لبلدية ميله):

- تعاونية الشهيد: 48 قطعة على مساحة 0,25 هـ.
- البركة: 6 قطع على مساحة 0,12 هـ.
- الأمل: 12 قطعة على مساحة 0,38 هـ.
- ميلاف: 8 قطع على مساحة 0,40 هـ.
- التعاونيات العقارية السبع: 90 قطعة على مساحة 0,23 هـ.

هذه التعاونيات اتخذت مواقع متنوعة ضمن النسيج العمراني للمدينة، حيث لعب توفر الجيوب العقارية دوراً أساسياً في تحديد مواقعها، كما عبر عدد قطعها المحدود على مدى ندرة العقار.

زيادة على ذلك، تم إنجاز تخصيصات سكنية ضمن برامج السكن التطوري والترقوي في مناطق متفرقة، منها (المصالح التقنية لبلدية ميله):

- 30 مسكن بجانب تخصيص بن معمر سنة 2000.
- 27 مسكن بجانب حي 500 مسكن.
- 16 مسكن بميلة القديمة.
- 5 مسكن بحي بوالطوط.
- 119 قطعة على مساحة 1,99 هـ بميلة القديمة.

بلغ مجموع القطع الموزعة خلال هذه المرحلة حوالي 1716 قطعة، أي ما نسبته 17,22% من إجمالي عدد المساكن وما يقارب 43% من إجمالي المباني المنجزة خلال هذه الفترة. وبالتالي فإن مجموع القطع الأرضية المنتجة من خلال التخصيصات السكنية في مدينة ميله بلغ 2138 قطعة (خريطة رقم 39)، ما يمثل 14,66% من إجمالي عدد مساكن المدينة و25% من إجمالي عدد المباني (بوشلوش، 2017).

أ-3) التجهيزات العمومية:

كما سبق وذكرنا فقد استحوذت التجهيزات العمومية على مساحة قدرت بـ 133 هـ أي 14% من مساحة المدينة.

اعتبرت التجهيزات التعليمية أكبر مستهلك للعقار بنسبة 40% من مساحة التجهيزات العمومية. بلغ عدد التجهيزات التعليمية 42 تجهيزاً، تميزت باستهلاك كبير للعقار نظراً لمساحاتها الكبيرة لحيازتها على فضاءات خارجية. ارتبط توزيعها المجالي بتوفر العقار التابع للدولة بشكل مباشر، وذلك يظهر من خلال التوزيع الغير متكافئ للمدارس الابتدائية التي تنص معاييرها التخطيطية على قربها من التجمعات العمرانية في حيز لا يتعدى 500م. عكس ذلك، فإن المدارس الابتدائية في مدينة ميله تتوزع بشكل غير مخطط ويظهر هذا التمايز بالخصوص في الأحياء الفوضوية (الخربة، صناوة...) (PDAU Mila, 2015).

برزت أهمية توفر العقار التابع للدولة في عملية توطين مشروع جامعة عبد الحفيظ بوصوف بمساحة 80 هـ مع إمكانية التوسع. حيث تم تأخير المشروع لمدة كبيرة إلى غاية الموافقة على إقامته على وعاء عقاري تابع لأملك الدولة مشترك بين بلدية ميله وبلدية زغاية أقصى غرب المدينة.

تليها التجهيزات الصناعية والنشاطات بنسبة 28%، بالإضافة إلى 11% تجهيزات إدارية و9% تجهيزات دينية، أما النسب الباقية فتوزعت على مختلف أصناف التجهيزات الأخرى (PDAU Mila, 2015).

خضع توزيع التجهيزات في المدينة لتوفر العقار بشكل مباشر نظراً لسيادة الملكية العقارية الخاصة، وبالتالي فإن أغلب التجهيزات أقيمت على أراضي تابعة للاحتياجات العقارية أو أملاك الدولة. تميز التوزيع المجالي للتجهيزات بالكثافة حول مركز المدينة والتشتت في الضاحية، مما ساهم في إحداث اختلال وظيفي في علاقة السكان بالخدمات وزيادة الحاجة إلى التنقل واستهلاك الموارد والطاقة، وهذا ما أشارت إليه النتائج السابقة بالنسبة للمسافة إلى التجهيزات.

ب) التعمير الغير مخطط:

أظهرت النتائج أن البناء الفوضوي هو النمط الذي توسعت من خلاله مدينة ميله في جميع فترات الدراسة. تعد هذه النتائج منطقية نظراً لكمية التوسعات الفوضوية التي مثلت تقريباً 70% من مساحة التوسعات الجديدة في كل مرحلة مقارنة بالأنماط الأخرى.

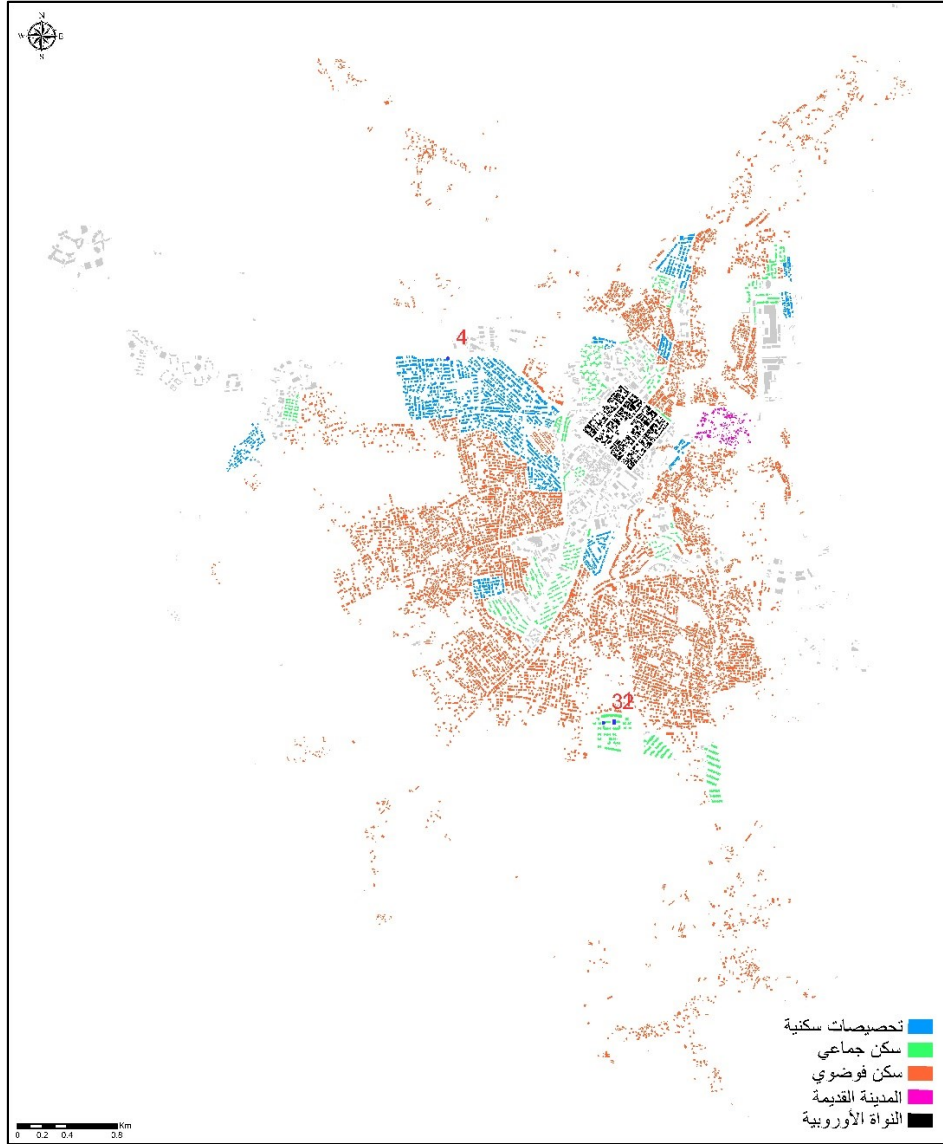
يكشف التحليل المكاني لمدينة ميله عن انتشار واسع للبناء غير المنظم، مشكلاً حزاماً يحيط بالمدينة عبر مراحل توسعها المختلفة. يتركز هذا النمط العمراني بشكل رئيسي في الجنوب: حي الخبرة بقسميه العلوي والسفلي، وحي صناوة بنسبة 47% من مساحة السكن الفردي. الشمال: حي بن صالح والطيايية وسيدي صغير بنسبة 14%. والشرق: حي سيد علي العواد المجاور للنواة الاستعمارية للمدينة بنسبة 5% (PDAU Mila, 2015). إضافة إلى ذلك، يلاحظ وجود بقع متفرقة من البناء الفوضوي في أنحاء متفرقة من المدينة وداخل النسيج المخطط، انتشرت على حساب الأراضي الشاغرة داخل المحيط العمراني.

وفقاً لإحصائيات سنة 2015، بلغ عدد المباني الفوضوية في ميله حوالي 4661 وحدة، وهو ما يمثل 54% من إجمالي المباني في النسيج العمراني للمدينة (بوشلوش، 2017). هذه النسبة المرتفعة تتجاوز نصف عدد المباني وتعكس حجم التحدي الذي تواجهه المدينة في مجال التخطيط العمراني (خريطة رقم 39).

من حيث المساحة، تستحوذ هذه المباني على ما يقارب 429,75 هـ، أي ما يعادل 47% من إجمالي المساحة المبنية في المدينة (بوشلوش، 2017). هذا الرقم الذي يعادل نصف مساحة المدينة تقريباً، يسلط الضوء على مدى سيادة ظاهرة البناء الفوضوي وتأثيرها الكبير على استخدام الأراضي الحضرية.

هذه الإحصائيات تشير بوضوح إلى تفاقم مشكلة البناء الفوضوي في ميلة، مما يستدعي اتخاذ إجراءات عاجلة لتنظيم التوسع العمراني وضمان التوزيع الأمثل للموارد العقارية. كما تبرز الحاجة إلى استراتيجيات تخطيط حضري شاملة تراعي احتياجات السكان وتحافظ على التوازن بين مختلف أنماط استخدام الأراضي في المدينة.

خريطة رقم 39: أنماط السكن في مدينة ميلة.



المصدر: منجزة بالاعتماد على خريطة السمات المبنية لمدينة ميلة (google engine, Building V3).

2.3.2. طبيعة الملكية العقارية:

شكلت طبيعة الملكية العقارية الركيزة الأساسية في تحديد شكل واتجاه نمط التوسعات العمرانية الجديدة. فمن خلال الأمر 26/74 وفرت الدولة القاعدة العقارية للمخطط العمراني الموجه (PUD) لإرساء

مختلف المشاريع التنموية (سكن، تجهيزات، استثمارات...)، استمرت هذه السياسة العقارية إلى غاية التسعينات لتتغير جذريا بصدور قانون التوجيه العقاري 25/90 الذي عمل على إعادة الأراضي إلى ملاكها الأصليين.

كما سبق وذكرنا في النتائج فإن الملكية العقارية التابعة للخواص هي الملكية السائدة في مدينة ميله بنسبة تفوق 84%، وبالتالي فإن تأثيرها على التوزيع المجالي، الكثافة والوضعية القانونية للتوسعات ظهر في المدينة بشكل واضح. كما ساهمت بشكل كبير في عرقلة تطبيق توجيهات المخطط التوجيهي للتهيئة والتعمير وأدت إلى ظهور عدم التكافؤ في توزيع الخدمات والنشاطات في المدينة.

استحوذت الدولة (البلدية) في مدينة ميله خلال الفترة بين 1987-1998 على معظم الأراضي المحيطة بمركز المدينة حيث أقامت مختلف المشاريع السكنية المتمثلة في السكن الجماعي والتحصينات السكنية. في نفس الوقت انتشر البناء الفوضوي بشكل متناثر (زحف) على مستوى محاور الطرق ضمن المناطق التابعة للملكية الخاصة (عقود عرفية) نتيجة للطلب المتزايد على السكن في هذه الفترة التي سجلت أعلى وتيرة للتوسع العمراني. تميز النسيج العمراني للمدينة بوجود كتلة رئيسية معبر عنها بالنواة الأوروبية ومحيطها (بوطوط، قصر الماء، حي 500 مسكن...) ومجموعة من الكتل العمرانية على محاور الطرق (صناوة) وبجوار المنطقة الصناعية (حي سيدي صغير)، وبداية ظهور التحصينات السكنية.

بعد تغير الوضعية القانونية للأراضي، عرفت الفترة بين 1998-2008 انجذب التوسع العمراني نحو المناطق القريبة من مركز المدينة من خلال عملية تكثيف التجهيزات العمومية التي شهدتها المناطق المحيطة بالمركز، بالإضافة إلى استمرارية التوسعات الفوضوية وتوسع التحصينات السكنية.

في المرحلة الأخيرة الممتدة بين 2008 و2020 تم استنفاد أغلب الأوعية العقارية التابعة للدولة في الفترة السابقة، وبالتالي توجه التوسع العمراني نحو المناطق البعيدة عن مركز المدينة في شكل توسعات فوضوية تمثل أهم مميزاتها سعر العقار المنخفض بحكم عدم امتلاكها لعقود الملكية وقربها من النسيج العمراني القائم الذي يضمن استنفادها من مختلف المرافق والشبكات.

تتوافق نتائج دراستنا مع دراسة أجراها الباحث (بوشلوش، 2017) وصف فيها واقع العلاقة بين التوسع العمراني والعقار الحضري، حيث أثبت أن طبيعة الملكية العقارية ساهمت بشكل كبير في توجيه التوسع العمراني ولها بالغ الأثر في توطين، تركيبية نمط وطريقة تخطيط استخدامات الأرض في مدينة ميله.

باعتبار أن نمطي استخدامات الأرض المتمثلين في السكن والتجهيزات يحتلان 75% من المساحة المبنية للمدينة، فإن تحديد طبيعة الملكية العقارية التي تحتويهما يمكنها أن توضح التوزيع المجالي للتوسع العمراني في مدينة ميله.

(أ) الاستعمال السكني: ينقسم الاستعمال السكني في المدينة إلى نمطين هما السكن الجماعي والسكن الفردي، كل منهما تأثر بطبيعة الملكية العقارية في توزيعهما وتوسعهما المجالي.

أ-1) نمط السكن الجماعي:

يتميز السكن الجماعي في مدينة ميله بعدد طوابق محدد بطابق أرضي + 4 طوابق، وبالتالي فإن الهدف منه هو ترشيد استهلاك العقار الحضري. استحوذ هذا النمط على 5% من مساحة المدينة وتوزع على 12 موقع أهمها مشروع 500 مسكن شمال غرب المركز، 300 و 470 مسكن جنوب مركز المدينة، توطنت هذه المشاريع ضمن حدود المخطط العمراني الموجه (PUD) الذي اعتمد على الاحتياطات العقارية كوعاء لمختلف مشاريع السكن الجماعي في المدينة، إضافة إلى بعض المشاريع النقطية الموزعة في مختلف الاتجاهات (خريطة رقم 39). عكس نمط السكن الفردي الذي هيمن على مساحة واسعة من المدينة. نمط السكن الفردي: استحوذ هذا النمط على 55% من مساحة المدينة وانقسم إلى قسمين هما السكن الفوضوي والتحصيصات السكنية.

أ-2) السكن الفوضوي:

توزع هذا النوع من السكن على جميع الاتجاهات في المدينة خاصة الجهة الجنوبية، استحوذ على مساحة قدرت بـ 46% من المساحة المبنية للمدينة. شكلت الملكية العقارية الخاصة الوعاء الرئيسي لاستيعاب السكن الفوضوي بنسبة 84% من مساحة السكن الفوضوي.

انتشر السكن الفوضوي بصورة أقل على العقارات التابعة للاحتياطات العقارية بنسبة 14%، حيث اندمج من النسيج العمراني المخطط وساهم في إعاقة بعض البرامج المخططة مثل تخصيص صناعة، بالإضافة إلى تحويل مساحات من السكنات الجاهزة إلى أبنية صلبة تقع ضمن الأملاك التابعة للبلدية (حي سيدي صغير وبوقلالة شمال شرق النواة الاستعمارية).

كان للقوانين المتعلقة بالعقار الدور البالغ في استفحال هذا النمط، حيث عمل تشكيل الاحتياطات العقارية سنة 1974 على دفع ملاك الأراضي لبيع أملاكهم خوفا من إدراجها ضمن حيز الاحتياطات، أما صدور قانون التوجيه العقاري سنة 1990 فقد ساهم في هذه العملية بشكل أكبر بعد استرجاع

الملاك لأراضيهم وتمثلت أغلبها في قطع أرض ذات ملكية مشتركة، مما ساهم في عملية البيع العشوائي دون الخضوع للشروط القانونية التي تسمح لهم بتجزئة الأراضي وفق ما يقتضي القانون (رخص وشهادات التعمير)، بالإضافة إلى أسباب أخرى تتعلق بالرقابة وتدخّل الهيئات المخولة.

أ-3) التخصيصات السكنية:

شغلت التخصيصات مساحة تقدر بـ 94,11 هكتار، أي ما يعادل 10.27% من إجمالي مساحة مدينة ميله وفق احصائيات سنة 2016. تأثرت سياسة التخصيصات في المدينة بشكل مباشر بمدى توفر الأراضي القابلة للبناء. توزعت التخصيصات كالتالي:

- التخصيصات العمومية: شكلت 71% من إجمالي مساحة التخصيصات، وأقيمت على أراضي تابعة للاحتياجات العقارية للدولة.
- التخصيصات الخاصة: شكلت 29% من إجمالي مساحة التخصيصات، وتم إنشاؤها على أراضي مملوكة للقطاع الخاص.

على الرغم من أن الهدف الرئيسي لسياسة التخصيصات كان تلبية الطلب المتزايد على السكن، إلا أن تطبيقها في مدينة ميله لم يحقق النتائج المرجوة. ويعود ذلك لعدة أسباب، أبرزها: الانتشار الواسع للسكن العشوائي، إصدار قانون التوجيه العقاري، الذي فرض قيوداً على عمليات التخصيص، هيمنة الملكية الخاصة للأراضي في المدينة.

نتيجة لهذه العوامل، اقتصر التخصيصات العمومية على الأراضي المتاحة ضمن الاحتياجات العقارية وغياب التخصيصات التابعة للخواص لتعويض النقص.

ب) الاستعمال الخدمي للأرض:

تميز التوزيع المجالي للتجهيزات العمومية في مدينة ميله بالتركز حول النواة الأوروبية والتبعثر في أطراف المدينة، حيث تحكم في هذا التوزيع توفر الأوعية العقارية مما تسبب في توزيع غير عادل للتجهيزات توازياً مع توسع المدينة.

انتسبت معظم الأوعية العقارية المستقبلية للتجهيزات العمومية للدولة، حيث استهلكت 75 هـ من الأراضي المدمجة ضمن الاحتياجات العقارية أي 55% من المساحة المخصصة للتجهيزات، زيادة على 50 هـ تابع لأملك الدولة بما يعادل 37% من المساحة المخصصة للتجهيزات.

وبالتالي فإن العقار التابع لهيأت الدولة اعتبر المستقبل الرئيسي للتجهيزات في المدينة والذي يتوزع بشكل كبير حول النواة الاستعمارية. ساهم هذا التوزيع الغير متكافئ للتجهيزات في خلق عدم توازن وظيفي بين مركز المدينة وأطرافها، مما عزز من مركزية المركز وزيادة الاعتمادية والضغط عليه مقابل أحياء مرافد محيطته به.

تطرق المخطط التوجيهي للتهيئة والتعمير لمجموع بلديات ميلة، زغاية، سيدي مروان وعين التين إلى مختلف المشاكل التي تعاني منها عواصم هذه البلديات بشكل عام. رغم أنه تم تحديد المشكل الذي تواجهه هذه المدن وبالأخص مدينة ميلة، إلا أن غياب سياسة عمرانية واضحة المعالم تسمح بوضع حلول لمواجهة هذه المشاكل لم تكن ضمن المخطط.

لتطبيق سياسة عمرانية محكمة تضبط التوسع العمراني لمدينة ميلة وبقية المدن، يجب دعم أدوات التعمير بسياسة عقارية تعطي الصلاحية لهذه المخططات لتحديد اتجاه التوسع بدون أي اعتبار لطبيعة الملكية العقارية.

في نفس السياق، يجب تطبيق عقوبات صارمة على جميع العمليات العمرانية التي تتم دون اتباع الإجراءات القانونية اللازمة.

3. تقييم نتائج نمذجة التوسع العمراني:

ساهمت نمذجة التوسع العمراني لمدينة ميلة في معرفة الأنماط والاتجاهات المستقبلية لتوسع مدينة ميلة. عبر كل سيناريو محتمل للتوسع على نظرة تخطيطية مختلفة تشير إلى احتمالية توسع تعتمد على مختلف العوامل الاجتماعية والاقتصادية والبيئية. تميز كل سيناريو من السيناريوهات الثلاث بنقاط قوة وضعف تعكس مدى استجابته للأهداف التخطيطية المسطرة بغية الوصول إلى مدينة تجمع بين تحقيق المتطلبات الاقتصادية والاجتماعية للسكان من جهة، وحمايتهم من الأخطار والمحافظة على البيئة من جهة أخرى.

1.3. سيناريو التوسع الطبيعي:

عكس هذا السيناريو نمط التوسع التاريخي لمدينة ميلة دون تدخل أي سياسة أو توجه تخطيطي، تميز عن السيناريوهات الأخرى بوتيرة منخفضة لاستهلاك العقار وبنمط مدمج مع النسيج العمراني القائم. يعكس هذا السيناريو انجذاب التوسعات الجديدة نحو الكتلة الحضرية الأم وذلك لتوفر مختلف متطلبات الحياة المتمثلة في الربط بمختلف الشبكات والقرب من مختلف المرافق الخدماتية، حيث يمثل استمرارية للنمط التاريخي للتوسع العمراني للمدينة منذ التسعينات من القرن الماضي.

يمثل حجم استهلاك الأرض والنمط المتراص أكبر نقاط قوة لهذا السيناريو، حيث يعد أقل السيناريوهات استهلاكاً للأراضي الزراعية. إلا أن نقاط ضعفه كثيرة قد تهدد حياة السكان مثل منطقة الخربة المعرضة لخطر انزلاق التربة، كما أن التوسع وفق هذا السيناريو يغطي نسبة قليلة من الاحتياجات السكانية في مختلف المجالات، إذ تعتبر معظم التوسعات عبارة عن استخدام سكني (بناء فوضوي) لا تأخذ بعين الاعتبار المساحة اللازمة لاستخدامات الأرض الأخرى.

2.3. سيناريو التوسع حسب المخطط التوجيهي للتهيئة والتعمير:

يعتمد هذا السيناريو بالأساس على عملية التخطيط المسبق من خلال المخطط التوجيهي للتهيئة والتعمير، حيث يركز على تلبية الاحتياجات المستقبلية للسكان في كل من الجانب الاجتماعي والاقتصادي واختيار مناطق التوسع، حيث تميز بأعلى معدل لاستهلاك العقار من بين السيناريوهات الثلاث.

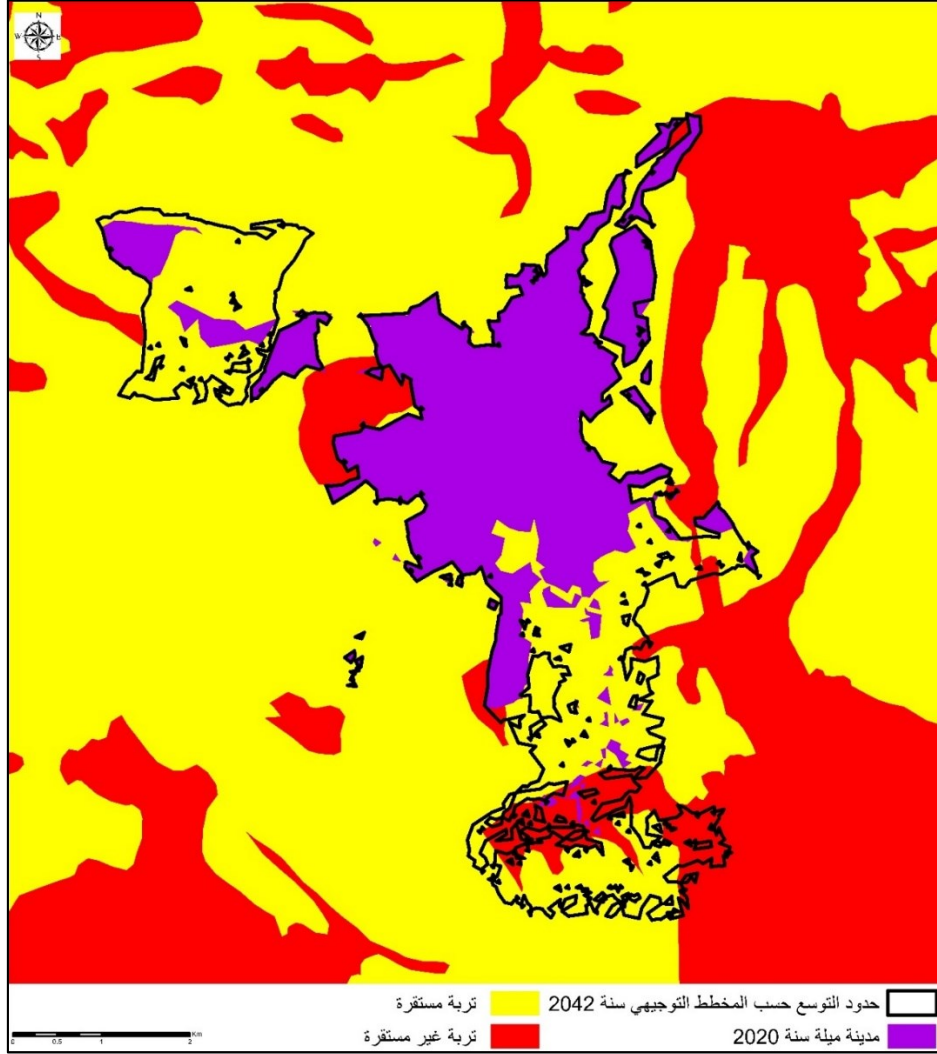
تعتبر أهم نقاط قوة هذا السيناريو هو تحديد كمية التوسع من خلال تقدير الاحتياجات المستقبلية للسكان من جميع الجوانب مع المحافظة على البيئة والمواقع المحمية (نظرياً)، إلا أن أكبر نقاط ضعفه من خلال وضعية مدينة ميلة تتمثل في اختيار مناطق التوسع بالاعتماد بشكل كبير على ملكية الأرض التابعة للدولة لتقليل المصاريف وقد تؤدي إلى التوجه نحو أراضي غير مستقرة كما هو الحال في هذا السيناريو بالنسبة للمنطقة الجنوبية الشرقية (خريطة رقم 40).

3.3. سيناريو نمط الحماية البيئية:

يعتبر هذا السيناريو الخيار الأمثل للتوسع المستقبلي لمدينة ميلة حيث يضمن التوازن بين تلبية الاحتياجات السكانية المختلفة من خلال توفير مساحة توسع متقاربة مع ما حدده المخطط التوجيهي للتهيئة والتعمير، يعوض فارق المساحة من خلال إلغاء إنشاء منطقة نشاطات جديدة وذلك لوجود منطقة نشاطات قديمة غير مستغلة تتطلب إعادة تهيئة.

في نفس الوقت فإن المعايير التقنية التي تم وفقها إنشاء هذا السيناريو تضمن التوازن بين حماية البيئة من جهة عن طريق حماية الأشجار المثمرة وتقييد التوسع على حساب الأراضي الزراعية، ومن جهة أخرى حماية السكان والأملاك من الأخطار الطبيعية وتوفير مختلف المتطلبات الاجتماعية والاقتصادية.

خريطة رقم 40: أخطار التوسع وفق سيناريو المخطط التوجيهي للتهيئة والتعمير.



المصدر: منجزة بالاعتماد على خريطة الأخطار (PDAU, 2015).

خلاصة المحور:

تم من خلال هذا المحور مناقشة ومقارنة مختلف النتائج المتوصل إليها مع العديد من الدراسات السابقة على الصعيد الوطني والعالمي، حيث خلصنا إلى أن التوزيع المجالي للتوسع العمراني في الجزائر والبلدان النامية يخضع تقريبا لنفس العوامل. عكس البلدان المتقدمة التي تمتلك منظومة تسيير متطورة تعمل على التقليل من الآثار السلبية للتوسع من خلال المراقبة المستمرة وتخطيط التوسعات المستقبلية بالاعتماد على الوسائل التكنولوجية المتطورة.

أبرزت هذه النتائج قدرة تقنيات نظم المعلومات الجغرافية واستعمال وسائل الاستشعار عن بعد والنمذجة الحضرية على محاكاة عملية التوسع العمراني من حيث اتجاهاته، أنماطه، ومساحته. حيث

ساهمت السيناريوهات المقترحة في تقييم كل بديل وفق خصائصه المجالية ومدى قدرته على تحقيق الأهداف التخطيطية المسطرة.

من منظور آخر، فإن استعمال هذه الأساليب يمنح المخططين المرونة والوقت الكافي لتقييم البدائل المستقبلية من خلال الاختبار العملي (الدراسات الجيوتقنية) للمواقع المحددة وفق السيناريوهات المختلفة وتقييم سلبيات وإيجابيات كل سيناريو.

تسمح عملية النمذجة بدورها على انشاء سيناريوهات إضافية في حالة فشل هذه السيناريوهات في تحقيق الأهداف المسطرة. يمتلك سيناريو نمط الحماية البيئية المرنة الكافية لإحداث تغييرات جذرية في حدود واتجاهات التوسع من خلال التغيير في الأوزان أو تعديل الخرائط قبل دمجها لتكوين الخريطة النهائية لنمط الحماية البيئية. يسمح نموذج الأوتوماتا الخلوي بعدد لا نهائي من عمليات النمذجة بعد معايرته، وبالتالي فإن التعديلات في سيناريو نمط الحماية البيئية يمكن محاكاتها بشكل متكرر بغية الوصول إلى النموذج المثالي.

خلاصة الفصل:

خلال هذا الفصل عرضنا مختلف النتائج المتوصل إليها من خلال تطبيق المقاربة المنهجية المعروضة في الفصل الثالث تمكنا من قياس وتيرة، شدة، اتجاهات، أشكال وأنماط التوسع العمراني وتوزيعه المجالي ضمن فترات زمنية مختلفة ومقارنتها فيما بينها.

كما تمكنا باستعمال النمذجة الإحصائية باستعمال نموذج الانحدار اللوجستي من تحديد قوة واتجاه العلاقة بين التوسع العمراني ومحدداته الطبيعية والسوسيو اقتصادية، بالإضافة إلى تحديد تأثير السياسة العمرانية على عملية التوسع.

وفي الأخير، من خلال نمذجة التوسع العمراني المستقبلي لمدينة ميله باستعمال نموذج يدمج بين خلايا الأوتوماتا والشبكات العصبية الاصطناعية تمكنا من بناء ثلاث سيناريوهات تم تقييمها لاختيار السيناريو الأمثل الذي يحقق شروط التنمية المستدامة والمتمثل في سيناريو نمط الحماية البيئية.

تم مناقشة ومقارنة مختلف النتائج المتوصل إليها مع العديد من الدراسات السابقة على الصعيد الوطني والعالمي، حيث خلصنا إلى أن التوزيع المجالي للتوسع العمراني في الجزائر والبلدان النامية يخضع تقريبا لنفس العوامل. عكس البلدان المتقدمة التي تمتلك منظومة تسيير متطورة تعمل على التقليل من الآثار السلبية للتوسع من خلال المراقبة المستمرة وتخطيط التوسعات المستقبلية بالاعتماد على الوسائل التكنولوجية المتطورة.

الخاتمة

1. الخاتمة:

من خلال هذه الدراسة، تم تناول المفاهيم الأساسية نظرياً في الفصل الأول، مع توضيح الاختلافات بينها، إضافة إلى استعراض أساليب تحليل وقياس أنماط التوسع العمراني وعلاقتها بمحدداتها من خلال مراجعة الدراسات السابقة. ثم تم في الفصل الثاني تسليط الضوء على أسباب اختيار مدينة ميله كمجال للدراسة، من خلال عرض أهميتها التاريخية والاجتماعية والاقتصادية، إلى جانب خصائصها الطبيعية، فضلاً عن مصادر البيانات المستخدمة. أما الفصل الثالث، فقد تناول المقاربة المنهجية المتبعة بشكل مفصل، والتي تقوم على الدمج بين تقنيات الاستشعار عن بعد، نظم المعلومات الجغرافية، والنمذجة الحضرية باستخدام نماذج إحصائية ونماذج قائمة على الخلايا (نموذج هجين يجمع بين نموذج خلايا الأوتوماتا والشبكات العصبية الاصطناعية) لبناء سيناريوهات التوسع المستقبلي لمدينة ميله. وفي الفصل الرابع، تم عرض النتائج المتوصل إليها ومناقشتها في ضوء الدراسات السابقة، للإجابة على الأسئلة البحثية والتحقق من الفرضيات، بهدف تحقيق أهداف الدراسة.

استناداً إلى ذلك، تم تقديم اقتراحات وتوصيات للبحوث المستقبلية والفاعلين في المجال الحضري، بناء على النتائج المتحصل عليها في هذه الأطروحة.

1.1. الإجابة على الأسئلة البحثية:

(أ) هل يوفر لنا قياس الخصائص المكانية والزمانية للتوسع العمراني وتحديد أنماطه في كل مرحلة القاعدة المعرفية لفهم واقع التوسع لمدينة ميله وتفسير توزيعه المجالي؟

باستعمالنا مجموعة من المؤشرات الكمية تمكنا من تحليل الوتيرة، الشدة، الشكل والخصائص الزمانية والمكانية للتوسع العمراني وتحديد أنماطه في كل مرحلة زمنية ومقارنتها فيما بينها. لقياس وتيرة التوسع استعملنا مؤشر متوسط معدل التوسع العمراني السنوي، حيث حدد معدل الزيادة السنوية في مساحة الأرض المبنية لكل مرحلة. إضافة إلى استخدام مؤشر قياس شدة التوسع العمراني لتحديد متوسط النسبة السنوية للأرض المبنية لكل وحدة مكانية بالنسبة للمساحة الإجمالية لتلك الوحدة المكانية (دائرة واتجاه جغرافي)، فقد تم اعتماد مؤشر الشدة لتوصيف درجة كثافة التوسع العمراني في اتجاهات مختلفة وبيان نمو الأرض المبنية لوحدة مكانية كنسبة مئوية من إجمالي مساحة الأرض خلال فترة الدراسة. زيادة على ذلك، استخدمنا مؤشر تمايز التوسع لتحديد عدم المساواة في توزيع التوسعات العمرانية بين الوحدات المكانية المختلفة. بمساعدة هذا المقياس، تم تحديد التمايز المكاني والنقاط الساخنة للتوسع الحضري. كما استعملنا كل من مؤشر المشهد العمراني لتمييز أشكال التوسع المتمثلة في الزحف، الاستمرارية والملء ودعمنا هذا المؤشر

بمجموعة من المقاييس المجالية التي تفسر النمط العام للتوسع بحساب عدد، موقع وتوزيع البقع الحضرية. ويمكننا تلخيص النتائج كما يلي:

- سجلت المرحلة بين 1987-1998 أعلى معدل سنوي للتوسع العمراني مقارنة بالمراحل الأخرى، وذلك نتيجة لارتفاع معدل النمو السكاني منذ ترقية المدينة إداريا لعاصمة ولاية سنة 1984. بالإضافة إلى تحرير السوق العقارية بموجب قانون التوجيه العقاري وتعدد الفاعلين في عملية التعمير الذي سرع من وتيرة التوسع من خلال انتشار البناء الفوضوي والتحصيصات السكنية لتلبية الطلب المتزايد على السكن. تميزت هذه المرحلة بتوسع عمراني مركز حول مركز المدينة مع ظهور توسعات جديدة على مستوى محاور الطرق بشكل طولي خاصة باتجاه الجهة الجنوبية، الغربية والجنوبية الغربية.
- انخفضت وتيرة التوسع العمراني في مدينة ميلة في الفترة بين 1998-2008 نتيجة لانخفاض معدلات النمو السكاني وتراجع البناء الفوضوي جزئيا نتيجة تفعيل المخطط التوجيهي للتهيئة والتعمير الذي أرسى مجموعة من التدخلات على المستوى الحضري من حيث التهيئة الحضرية وبرمجة المرافق والتجهيزات لاستيعاب وهيكلية التوسع الفوضوي. تميزت هذه المرحلة باتساع تركيز التوسع العمراني نحو الضاحية مع الاستمرارية في النسيج العمراني وانخفاض في نسبة الشكل الزاحف بشكل كبير، مع اختيار التوسع نحو الجهة الغربية والجنوبية.
- ارتفعت وتيرة التوسع مجددا في الفترة بين 2008-2020 رغم استقرار معدلات النمو السكاني، يرجع ذلك لتحسن الظروف الاقتصادية للسكان ورغبتهم في تحسين جودة ومساحة المسكن من خلال التوجه نحو أطراف المدينة سواء ضمن التخصيصات القانونية أو من خلال البناء الفوضوي الذي يمثل البديل الأمثل بسبب الفارق الكبير في سعر الأرض واستفادة هذه الأخيرة من برامج التهيئة الحضرية والربط بمختلف الشبكات وتوفير النقل والمرافق. في هذه المرحلة استمر اتساع حيز كثافة التوسع نحو الضاحية، واختيار التوسع بعيدا عن النسيج العمراني القائم خاصة في الجهة الغربية.

عرفت جميع مراحل الدراسة استمرارية في النسيج العمراني مع تركيز التوسع في الجهة الغربية من خلال التخصيصات السكنية، والجهة الجنوبية الغربية والجنوبية من خلال التوسعات الفوضوية. رغم توسع حيز المنطقة المعمره نحو الضاحية إلا أن اعتمادها على مركز المدينة لم يتأثر نتيجة لتركز التجارة ومختلف المرافق الأساسية حوله.

من خلال ما سبق نعتبر أن فرضيتنا الأولى صحيحة حيث تفيد بأن قياس الخصائص الزمانية والمكانية للتوسع العمراني وتحديد أنماطه المكانية لا يُمكننا من فهم واقع التوسع لمدينة ميله، حيث لا يملك القدرة على تفسير العلاقة بينه وبين عوامله الدافعة.

تمكنا من خلال هذه النتائج من فهم الهيكل العام للتوسع العمراني لمدينة ميله، إلا أن الأسباب الحقيقية للتوزيع المجالي للتوسعات بقي مبهما حيث اعتمد على مبررات وصفية وغير معلقة كميًا. وبالتالي، فإن هذه النتائج قد أحاطتنا بفهم جزئي لواقع التوسع العمراني لمدينة ميله، بينما يتطلب الفهم الكلي لهذه الظاهرة وتوزيعها المجالي تبرير العلاقة بينها وبين مختلف المحددات، وهو ما طرحه السؤال الثاني.

ب) كيف نقيس كميًا العلاقة بين التوسع العمراني ومحدداته الطبيعية، السوسيو-اقتصادية ومحددات السياسة العمرانية؟ وهل يتأثر التوسع العمراني بنفس المحددات في كل فترة زمنية مدروسة؟ وإن كان ذلك، فهل المحددات لها نفس قوة التأثير ونفس اتجاه العلاقة؟

توضيح العلاقة بين التوسع العمراني ومحدداته يُعد المفتاح لفهم توزيعه المكاني. تناولت العديد من الدراسات هذا الجانب، إلا أنها اعتمدت على مؤشرات إحصائية بسيطة مثل المساحة والنسب المئوية لا تستطيع تفسير قوة وكيفية تأثير المحددات على عملية التوسع.

في دراستنا هذه، استخدمنا نموذج الانحدار اللوجستي للقياس الكمي للعلاقة بين متغير التوسع العمراني (المتغير التابع) ومجموعة من المتغيرات المستقلة (الانحدار، الارتفاع، المسافة إلى الشعاب، المسافة إلى النسيج العمراني القائم، المسافة إلى شبكة الطرق، المسافة إلى خطوط النقل، المسافة إلى مركز المدينة، المسافة إلى التجهيزات، وكثافة السكان). يُظهر معامل الانحدار قوة العلاقة؛ فكلما ابتعد عن الصفر، زادت قوتها والعكس صحيح. أما الإشارة الموجبة فتشير إلى علاقة طردية، بينما تمثل الإشارة السالبة علاقة عكسية.

أثبتت هذه الدراسة أن التوسع العمراني في مدينة ميله يتأثر بمختلف العوامل الطبيعية، السوسيو اقتصادية بقوة تأثير واتجاه علاقة مختلف بالنسبة لنفس الفترة الزمنية وفي فترات زمنية مختلفة.

في الفترة بين 1987-1998 اتبع ترتيب المتغيرات واتجاه العلاقة الشكل التالي حسب معامل الانحدار: المسافة إلى شبكة الطرق (-0,88) < الارتفاع (0,47) < كثافة السكان (0,43) < المسافة إلى النسيج العمراني القائم (0,39) < المسافة إلى مركز المدينة (-0,38) < المسافة إلى خطوط النقل (-0,35) < الانحدار (-0,32).

أما في الفترة بين 1998-2008 اتبع ترتيب المتغيرات واتجاه العلاقة الشكل التالي: المسافة إلى شبكة الطرق (-0,71) < المسافة إلى مركز المدينة (-0,58) < الارتفاع (0,56) < المسافة إلى خطوط النقل (-0,48) < المسافة إلى التجهيزات (0,35) < كثافة السكان (0,31) < المسافة إلى النسيج العمراني القائم (0,39) < الانحدار (-0,32).

وفي الفترة بين 2008-2020 اتبع ترتيب المتغيرات واتجاه العلاقة الشكل التالي: كثافة السكان (0,37) < الانحدار (-0,37) < المسافة إلى شبكة الطرق (-0,36) < المسافة إلى خطوط النقل (-0,34) < المسافة إلى النسيج العمراني القائم (-0,33) < المسافة إلى مركز المدينة (0,18).
فيما يلي ملخص لأهم النتائج وتفسيراتها:

أولاً: العوامل الطبيعية

- يفضل التوسع في مدينة ميله المناطق قليلة الانحدار، وذلك لانخفاض كلفة البناء ولتجنب حدوث انزلاقات في التربة.
- اتجاه التوسع نحو المناطق المرتفعة هو عبارة عن نتيجة وليس خيار وذلك لأن المناطق قليلة الارتفاع في المدينة غير صالحة للتعمير.

ثانياً: العوامل السوسيو اقتصادية

- تلعب العوامل السوسيو اقتصادية الدور القيادي لعملية التوسع في المدينة في كل مراحل الدراسة.
- انجذب التوسع العمراني في المدينة في الفترة بين 1987-2008 للمناطق القريبة من الطرق، مركز المدينة، خطوط النقل. يرجع ذلك إلى مجال نفوذ المركز الذي يمتلك جميع المؤهلات الاقتصادية والاجتماعية، حيث يسعى السكان إلى الاقتراب من شبكة الطرق وخطوط النقل للتنقل نحو مركز المدينة الذي يقدم أغلب الخدمات التي تتركز ضمن مجاله خاصة وأن أغلب التوسعات فوضوية وتعاني من نقص الخدمات.
- قل الاعتماد على شبكة الطرق في الفترة بين 2008-2020 بشكل كبير، بالإضافة إلى ابتعاد التوسع على مركز المدينة مع تفضيل استمرارية النسيج العمراني القائم. يرجع ذلك إلى تشبع محيط مركز المدينة عمرانيا واتجاه التوسع نحو تعمير المناطق التي تتوسط محاور الطرق الرئيسية للاستفادة من مختلف الشبكات والقرب من الخدمات وخطوط النقل التي تم توفيرها خلال هذه الفترة.
- في جميع المراحل، فضّل التوسع المناطق ذات الكثافة السكانية المرتفعة؛ لجذبها لمشاريع التهيئة والخدمات وتوفير مختلف متطلبات الحياة خاصة المواصلات.

ثالثاً: عوامل السياسة العمرانية

- يعد استخدام الأرض السائد في المدينة هو الاستخدام السكني بحوالي 50% من مساحتها.
- أظهرت النتائج أن كلا من التعمير المخطط والغير مخطط ساهم في تشكيل المدينة وتوجيه التوسع.
- ظهر التعمير المخطط في شكل توسعات حول مركز المدينة متمثلة أساساً في أحياء إدارية (تجهيزات عمومية) وبعض المشاريع السكنية الجماعية (حي 500 مسكن، حي 300 مسكن، حي 20 أوت وحي بوطوط وغيرها) تشكل 02% من المساحة السكنية في المدينة، بالإضافة إلى مجموعة من التخصيصات السكنية الموزعة على طول محاور الطرق الرئيسية خاصة في الجهة الغربية لمركز المدينة والتي تحتل نسبة 24% من المساحة السكنية. شغل التعمير المخطط خلال جميع فترات الدراسة نسبة من 23% إلى 30% من مساحة المدينة.
- يمثل التعمير الغير المخطط المعبر عنه بالنمط الفوضوي هو نمط البناء السائد في المدينة بنسبة 68% من المساحة السكنية. ينتشر بشكل واسع في الجهة الجنوبية، الجهة الجنوبية الشرقية والجنوبية الغربية للمدينة، ويغطي أكثر من 70% من مساحة المدينة.
- ساهمت السياسة العقارية في المدينة بشكل كبير في تشكيل المدينة، فمذ تفعيل نص قانون التوجيه العقاري سنة 1990 أصبحت الملكية الخاصة هي الملكية العقارية السائدة في المدينة بحوالي 80% من مساحة المدينة ساهمت أساساً فانتشار السكن الفوضوي وعرقلة المشاريع التنموية وتطبيق مخططات التهيئة العمرانية حيث تطلب إعادة مراجعة المخطط التوجيهي سنة 2012.
- تمثل الملكية العقارية للدولة 20% من مساحة المدينة أغلبها تمثل الاحتياطات العقارية المشكلة ضمن فترة تطبيق الأمر 26/74. وقد تمت برمجتها لاستيعاب مختلف البرامج المتمثلة في تجهيزات عمومية وتخصيصات سكنية تشبعت أساساً.

أهم نتيجة يمكن عرضها من خلال هذا البحث هي أنه لا يمكن تبني سياسة عمرانية تعتمد على مخططات عمرانية دون ربطها بسياسة عقارية تسمح بتجسيد هذه المخططات على أرض الواقع.

من خلال ما سبق نجد أن تطبيق نموذج الانحدار اللوجستي وتحليل نتائجه، مكننا من قياس العلاقة الكمية بين التوسع العمراني ومحدداته، وتحديد قوة هذه العلاقة واتجاهها. كما أثبتنا أن قوة تأثير العوامل واتجاه العلاقة يتغيران مع مرور الوقت، نتيجة للتغيرات الاقتصادية والاجتماعية والتشريعية في المدينة. وبالتالي، تثبت الفرضية الثانية صحتها.

بعد قياس التوسع العمراني والتحقق من علاقته بمحدداته ومعرفة الظروف والتحديات المفروضة على توسع المدينة المستقبلي ارتأينا أن نبحث عن حلول مستقبلية لتوجيه التوسع من خلال السؤال التالي.

ج) ما هو الخيار البديل للتوسع العمراني لمدينة ميلا مستقبلا؟

لتمثيل سيناريوهات التوسع العمراني المستقبلي لمدينة ميلا، تم استخدام نموذج هجين يجمع بين خوارزميات خلايا الأوتوماتا والشبكات العصبية الاصطناعية. تم معايرة النموذج باستخدام الشبكات العصبية التي تتميز بقدرتها العالية على التعلم من خلال التدريب على أنماط التوسع العمراني التاريخية. في هذه الدراسة، تم استخدام خرائط التوسع العمراني للفترة من 1998 إلى 2008 لتدريب النموذج، بينما تم استخدام خريطة التوسع لعام 2020 للتحقق من صحة النموذج.

باستعمال طريقة التجربة والخطأ تم ضبط النموذج باستخدام المعايير التالية: عدد التكرارات 1000، قيمة الجوار المكاني 1 بكسل، معدل التعلم 0,001، عدد طبقات الشبكة العصبية المخفية 10، ومعامل الزخم 0,05.

فمن خلال مقارنة خريطة نمذجة التوسع العمراني لسنة 2020 والخريطة الحقيقية للتوسع لنفس السنة، أظهرت نتائج التقييم دقة جيدة للنموذج، حيث بلغت قيمة معامل كابا (Kappa) 0,87، والدقة الإجمالية 98,15%.

بعد استخراج المعايير المناسبة للنمذجة تم بناء ثلاث نماذج لسيناريوهات التوسع المستقبلي كالتالي:

أ) سيناريو التوسع العادي (التاريخي): يفترض أن النمو الحضري في المستقبل يتبع الاتجاه التاريخي دون أي تعديل عندما تكون الظروف البيئية والتنموية مماثلة لتلك التي لوحظت في البيانات التاريخية، ودون فرض أي قيود تحدد اتجاهات التوسع. تميز هذا السيناريو بأبطأ وتيرة للتوسع العمراني، حيث بلغ معدل متوسط التوسع السنوي خلال فترة 22 عامًا 1,72%. كما تميز بنمط مدمج شكّل استمرارية للنسيج العمراني القائم. ويمثل حجم استهلاك الأراضي والنمط المتراس أحد أبرز نقاط قوة هذا السيناريو، إذ يُعتبر من أقل السيناريوهات استهلاكاً للأراضي الزراعية.

إلا أن لهذا السيناريو عدة نقاط ضعف قد تشكل تهديداً لحياة السكان، مثل منطقة الخربة المعرضة لانزلاق التربة. كما أن التوسع وفقاً لهذا السيناريو يغطي نسبة قليلة فقط من احتياجات السكان في مختلف المجالات، إذ تعتبر معظم التوسعات عبارة عن استخدام سكني (بناء فوضوي) لا يأخذ في الاعتبار المساحات اللازمة لاستخدامات الأرض الأخرى التي تغطي الاحتياجات الاجتماعية والاقتصادية وغيرها.

ب) سيناريو التوسع حسب المخطط التوجيهي للتهيئة والتعمير لبلدية ميله، زغاية، سيدي مروان وعين التين: يفترض هذا السيناريو أن التوسع العمراني المستقبلي للمدينة سيتبع بدقة التوجيهات الواردة في المخطط الرئيسي لتهيئة المدينة وتعميرها. حيث يحدد المخطط التوجيهي للتهيئة والتعمير الأراضي المخصصة للتوسع العمراني على المدى المتوسط والبعيد، متضمناً الإطار التنظيمي القانوني لاستخدامات الأراضي في المستقبل. تميز هذا السيناريو بأسرع وتيرة للتوسع العمراني، حيث بلغ معدل التوسع السنوي المتوسط 3.05% خلال فترة 22 سنة. كما عرف استمرارية للنسيج العمراني القديم بشكل شبه طولي باتجاه الجهتين الجنوبية الشرقية والغربية، وفقاً لتوجيهات صناع القرار.

يعتمد هذا السيناريو بشكل أساسي على عملية التخطيط المسبق من خلال المخطط التوجيهي، حيث يركز على تلبية الاحتياجات المستقبلية للسكان في الجوانب الاجتماعية والاقتصادية، وتقدير المساحات ومناطق التوسع بناء على ذلك.

من أبرز نقاط قوة هذا السيناريو تحديد كمية التوسع المطلوبة عن طريق تقدير الاحتياجات السكانية المستقبلية من جميع النواحي، مع المحافظة على البيئة والمواقع المحمية. إلا أن أكبر نقاط ضعفه تتمثل في الاعتماد الكبير على ملكية أراضي الدولة لتقليل التكاليف، مما قد يؤدي إلى التوجه نحو أراضي غير مستقرة، كما هو الحال بالنسبة للمنطقة الجنوبية الشرقية في هذا السيناريو.

ج) التوسع وفق نمط الحماية البيئية: يفترض سيناريو التوسع العمراني في هذه الحالة الحد الأدنى من الحماية البيئية، حيث تعتبر المناطق الحساسة بيئياً ممنوعة للتعمير. تمثل هذه المناطق الموارد البيئية الرئيسية، والمتمثلة في المناطق المشجرة والأراضي الزراعية البعيدة نسبياً عن الحدود العمرانية لعام 2020، بالإضافة إلى المناطق المعرضة للمخاطر الطبيعية. في هذا السيناريو عرف نمط التوسع استمرارية في النسيج العمراني بوتيرة متوسطة قدرت بـ 2,37% خلال فترة 22 سنة.

يعتبر سيناريو نمط الحماية البيئية الخيار الأمثل للتوسع المستقبلي لمدينة ميله حيث يضمن التوازن بين تلبية الاحتياجات السكانية المختلفة من خلال توفير مساحة توسع متقاربة مع ما حدده المخطط التوجيهي للتهيئة والتعمير. يتم تعويض فارق المساحة عن طريق إلغاء إنشاء منطقة نشاطات جديدة نظراً لوجود منطقة نشاطات قديمة غير مستغلة تتطلب إعادة تهيئة. في الوقت نفسه، تضمن المعايير التقنية التي تم وفقها إنشاء النموذج التوازن بين حماية البيئة من خلال حماية الأشجار المثمرة وتقييد التوسع على حساب الأراضي الزراعية، ومن ناحية أخرى، حماية السكان والأماكن من الأخطار الطبيعية وتوفير مختلف المتطلبات الاجتماعية والاقتصادية.

في هذا السياق، يُعتبر سيناريو نمط الحماية البيئية أفضل السيناريوهات التي جمعت بين تحقيق المتطلبات الاجتماعية والاقتصادية للسكان وحمايتهم من المخاطر. كما يمثل هذا السيناريو الأكثر حفاظاً على البيئة من خلال توجيه التوسع نحو أراضٍ ذات مردودية متوسطة، ما يجعله الأقرب لتحقيق الاستدامة الحضرية في مدينة ميله، كما نصت عليه الفرضية الثالثة في دراستنا.

من خلال هذه الدراسة تمكنا من بناء الخطوات المنهجية التي تقودنا إلى الفهم الكامل لعملية التوسع العمراني لمدينة ميله وتخطيط توسعها المستقبلي في إطار التنمية المستدامة. وبالتالي، فإن هذه الدراسة تمكنت من معالجة النقائص المشار إليها في المقدمة حول الفجوات العلمية الثلاث (الفجوة التطبيقية، الفجوة المكانية والفجوة المنهجية).

2.1. المساهمة والإضافة البحثية:

تقدم نتائج هذه الدراسة مساهمة كبيرة في المعرفة العلمية. فحداثة الدراسة، تنوع الأساليب والتقنيات وتسلسلها المنهجي، إضافة إلى بعدها المكاني والزمني، تعالج الفجوات العلمية المحددة سابقاً بكل من الفجوة التطبيقية، الفجوة المكانية والفجوة المنهجية. تساهم هذه الدراسة أيضاً في إثراء المعرفة في مجالات متعدد بحكم أنها دراسة متعددة المجالات كالجغرافيا الإنسانية، الجغرافيا التطبيقية، التحليل المجالي والتخطيط الحضري...

يمكن أيضاً استثمار نتائج هذه الدراسة في تحقيق أهداف التنمية المستدامة التي تسعى إلى الحد من الآثار البيئية للتوسع العمراني، كما توفر للمخططين نموذج تطبيقي ومنهجي لتحديد العلاقة بين العوامل الدافعة والتوسع العمراني، وتقدم اقتراح للتعامل مع مشاكله المستقبلية.

أجريت هذه الدراسة لتحديد وفهم العلاقة بين التوسع العمراني ومحدداته في الفترة الممتدة من 1987 إلى 2020، بغرض تقديم حلول مستقبلية لتوجيه التوسع إلى غاية سنة 2042. تحقيق هذا الهدف يتطلب مواجهة العديد من التحديات المشار إليها في المقدمة على غرار محدودية المعطيات المتعلقة بالتوسع العمراني ومحدداته في مدينة ميله، محدودية العوامل الدافعة التي يمكن اختيارها ونمذجتها، بالإضافة إلى تحدي بناء نموذج دقيق. وبالتالي، فإن هذه الدراسة ساهمت في تقديم حلول لهذه التحديات والتي ظهرت من خلال النتائج كما يلي:

أ) المساهمة التطبيقية:

- تطوير نموذج متكامل لرصد وتحليل التوسع العمراني باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، مما أدى إلى إنتاج خرائط استخدام الأرض بدقة تفوق 90%.
- تقديم تحليل شامل للتوسع العمراني باستخدام مؤشرات ومقاييس متنوعة لتحديد خصائصه الزمانية والمكانية وأنماطه.
- التغلب على محدودية البيانات المتعلقة بالعوامل الدافعة للتوسع العمراني من خلال استخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية لاستخراج المعطيات.
- تطوير نموذج إحصائي (الانحدار اللوجستي) لقياس العلاقة بين التوسع العمراني وعوامله الدافعة كميًا، مع تقديم تفسير كفي عميق.
- إنشاء نموذج هجين يجمع بين خلايا الأوتوماتا (CA) والخلايا العصبية المصطنعة (ANN) للتنبؤ بالتوسع العمراني المستقبلي بدقة عالية (98%).

ب) المساهمة المكانية:

- توفير دراسة معمقة وشاملة للتوسع العمراني في مدينة ميله خلال الفترة 1987-2020، مع توقعات مستقبلية في حدود سنة 2042.
- إنشاء قاعدة بيانات مكانية دقيقة وشاملة لمدينة ميله، تساعد في التخطيط الحضري المستقبلي.
- تقديم نموذج تطبيقي يمكن تكراره لدراسة التوسع العمراني في مدن أخرى.

ج) المساهمة المعرفية:

- المساهمة في تحقيق أهداف التنمية المستدامة من خلال فهم وتوجيه التوسع العمراني.
- توفير أداة للمخططين لفهم العلاقة بين العوامل الدافعة والتوسع العمراني.
- تقديم اقتراحات عملية للتعامل مع مشاكل التوسع العمراني المستقبلية.

هذه المساهمات تؤكد على القيمة العلمية والعملية للدراسة، وتبرز أهميتها في سياقها المحلي والوطني، مع إمكانية تطبيق منهجيتها ونتائجها في دراسات مماثلة لمدن أخرى.

د) المساهمة المنهجية:

عملت الدراسة على تحليل التوسع العمراني في مدينة من خلال إطاره الزماني والمكاني وتحديد أنماطه، بالإضافة إلى تحديد علاقته بمحدداته وتحديد توجهاته المستقبلية ضمن ثلاثة سيناريوهات. حيث وضحت الدراسة أهمية وضرورة استخدام مختلف تقنيات وأساليب الرصد، التحليل، والنمذجة. نلخص المساهمة المنهجية في الدراسة فيما يلي:

- تطوير إطار منهجي متكامل: قدمت الدراسة منهجية شاملة لتحليل التوسع العمراني، تغطي الأبعاد الزمانية والمكانية، وتحدد الأنماط والعلاقات مع المحددات، مع التنبؤ بالتوجهات المستقبلية. هذا الإطار يتميز بالتكامل والشمولية مقارنة بالدراسات السابقة التي غالباً ما ركزت على جوانب محددة.
 - دمج متعدد للتقنيات والأساليب: أبرزت الدراسة أهمية استخدام مجموعة متنوعة من تقنيات وأساليب الرصد، التحليل، والنمذجة. هذا النهج المتعدد الأدوات يوفر فهماً أعمق وأكثر شمولية لديناميكيات التوسع العمراني.
 - معالجة القصور في الدراسات السابقة: تجاوزت هذه الدراسة محدودية الدراسات السابقة التي اقتصرت على جوانب محددة مثل تحديد التغيير الأرضي أو القياس الكمي للتوسع. بدلا من ذلك، قدمت نهجاً شاملاً يتضمن تحليل العلاقات مع المحددات والتنبؤ المستقبلي.
 - الربط بين الماضي والمستقبل: عالجت الدراسة فجوة مهمة في البحوث السابقة من خلال الربط بين التحليل التاريخي للتوسع العمراني والتنبؤ بمساراته المستقبلية. هذا النهج يعكس الطبيعة المتسلسلة زمنياً لعملية التوسع العمراني.
 - تطوير أداة قابلة للتطبيق: قدمت الدراسة منهجية متكاملة يمكن استخدامها من قبل الباحثين وصناع القرار لفهم ديناميكية التوسع العمراني والتنبؤ بمساراته المستقبلية في سياقات مختلفة.
 - تكامل التحليل الكمي والكيفي: جمعت المنهجية بين التحليل الكمي (مثل استخدام نماذج إحصائية ورياضية) والتحليل الكيفي (مثل تفسير النتائج في سياق السياسات العمرانية والسلوك الإنساني)، مما يوفر فهماً أعمق وأكثر شمولية.
 - نهج متعدد السيناريوهات: تميزت الدراسة بتطوير ثلاثة سيناريوهات مستقبلية للتوسع العمراني، مما يوفر رؤية أكثر شمولاً للتوجهات المحتملة ويدعم عملية صنع القرار.
- هذه المساهمة المنهجية تعزز قيمة الدراسة بشكل كبير، حيث تقدم إطاراً متكاملًا وقابلًا للتطبيق لدراسة التوسع العمراني. هذا الإطار يمكن أن يشكل نموذجاً يحتذى به في دراسات مستقبلية لمدن أخرى، مما يسهم في تطوير مجال التخطيط الحضري والدراسات العمرانية بشكل عام.

3.1. التوصيات:

بناء على التحليل المنهجي للتوسع العمراني في مدينة ميلة، يتضح أن هذه الدراسة تقدم مثالا نموذجيا لديناميكيات التوسع العمراني وممارسات التخطيط في المدن الجزائرية متوسطة الحجم. تبرز الدراسة محورين رئيسيين: الأول يتعلق بالمنهجية البحثية المتبعة، بما في ذلك الإجراءات والأساليب التحليلية المستخدمة، والثاني يركز على نتائج التحليل، متضمنًا تأثيرات التوسع وأنماطه واتجاهاته التاريخية والمستقبلية. استنادًا إلى هذه النتائج، تظهر الحاجة الملحة إلى إجراء دراسات شاملة ومتعددة الأبعاد تغطي الجوانب المختلفة للتوسع العمراني، مع التركيز على البعدين الزمني والمكاني. كما تدعو إلى تعزيز فعالية التخطيط الحضري من خلال تحسين جودة وتنفيذ المخططات العمرانية، وموازنة السياسات العمرانية مع الاحتياجات المحلية والتحديات البيئية. تشكل هذه النتائج أساسا لصياغة توصيات محددة تهدف إلى تحسين إدارة التوسع العمراني وتوجيه التخطيط المستقبلي في مدينة ميلة والمدن الجزائرية المماثلة.

تتطلب ترقية مراقبة وتحليل التوسع العمراني الحالي والمستقبلي في الجزائر اتخاذ مجموعة من الإجراءات الشاملة والمتكاملة. في المقام الأول، يجب التركيز على تحسين التخطيط الحضري والإسكان من خلال تنفيذ مشاريع سكنية جماعية عالية الكثافة. هذه المشاريع ستساهم في مواكبة الطلب على السكن وكبح وتيرة التوسع واستهلاك العقار، مما يؤدي إلى تعزيز الكثافة السكنية والسكانية وتحقيق شكل حضري مدمج أكثر استدامة. كما ينبغي تبني نهج التخطيط القائم على السيناريوهات للتوسع العمراني المستقبلي، مما يسمح بمرونة أكبر في التخطيط واتخاذ القرارات.

فيما يتعلق بإدارة الملكية العقارية والتوسع العمراني، يجب تدعيم القوانين الحالية لتسهيل وتسريع عملية نزع الملكية لتوجيه التوسع العمراني حسب المخططات العمرانية. من الضروري أيضًا ضمان احترام الخطط العمرانية للمعايير التخطيطية بغض النظر عن طبيعة الملكية العقارية، وتفعيل نظام ضريبي لتقييد امتلاك العقار داخل المجال العمراني والمجال المخطط للتوسعات المستقبلية.

لمكافحة التوسع العمراني الفوضوي، يجب تفعيل المراقبة وتشديد العقوبات مع الصرامة في تنفيذها على المخالفين. إلى جانب ذلك، من المهم دراسة الأسباب الجذرية لانتشار البناء الفوضوي والسعي لحلها. يمكن تعزيز هذه الجهود من خلال تطوير نظام إنذار مبكر للتوسع غير المخطط باستخدام الذكاء الاصطناعي وتحليل الصور الفضائية.

لتحسين التنسيق وإدارة البيانات، ينبغي رقمنة قطاع الأملاك العقارية وبناء قاعدة بيانات مشتركة بين الهيئات المسؤولة عن المراقبة والتخطيط العمراني. كما يجب إنشاء مرصد وطني للتوسع العمراني لتوحيد

جهود المراقبة والتحليل، وتطوير المنظومة الوطنية للإحصاء بإدراج البعد المجالي، ودمج المعطيات الإحصائية مع المعطيات المجالية.

فيما يخص تحسين توزيع الخدمات والبنية التحتية، يجب تبني سياسة اللامركزية في توزيع الخدمات للتحكم في توجيه التوسع المستقبلي للمدينة. كما ينبغي تحسين شبكة الطرق والمواصلات مع مراعاة التوزيع العادل للخدمات في جميع أنحاء المدينة. إنشاء صندوق وطني لتمويل مشاريع التجديد الحضري سيساعد في تقليل الضغط على التوسع الأفقي.

لتعزيز استخدام التقنيات الحديثة في التخطيط العمراني، يجب تكثيف استخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في رصد، تحليل والتنبؤ بالتوسع العمراني. إدماج تقنيات النمذجة ثلاثية الأبعاد سيساعد في تحسين فهم تأثيرات التوسع العمراني على المشهد الحضري. كما يجب تطوير وتطبيق النماذج المتقدمة للتنبؤ بالتوسع العمراني.

لتعزيز القدرات والتعاون، من الضروري تطوير برامج تدريبية متخصصة للمخططين والمسؤولين المحليين حول أحدث التقنيات في مجال التخطيط العمراني. كما يجب تعزيز الشراكة بين الجامعات ومراكز التخطيط العمراني لتطوير نماذج تنبؤية متقدمة، وتعزيز التعاون الإقليمي والدولي لتبادل الخبرات في مجال إدارة التوسع العمراني.

أخيراً، من المهم تطوير مؤشرات ومعايير للتخطيط المستدام، وتعزيز المشاركة المجتمعية من خلال تطوير منصات رقمية تفاعلية وتنظيم حملات توعية. كما يجب إجراء مراجعة وتقييم مستمر للإجراءات المتخذة، وتحديث الاستراتيجيات والسياسات بناء على النتائج والتغيرات في الظروف المحلية والوطنية.

4.1. محدودية الدراسة والنظرة المستقبلية:

أثبت إطار المنهجية المقترح في هذه الدراسة فعاليته في مراقبة وتحليل النمو الحضري لمدينة ميله. علاوة على ذلك، قدم دعماً قيماً لعمليات صنع القرار الهادفة إلى تحقيق التنمية المستدامة. وبالتالي، فإن هذه النتائج وفرت فهماً أعمق لعملية التوسع العمراني، سواء من الناحية التاريخية أو المستقبلية.

ومع ذلك، يمكن تعزيز هذه الدراسة مستقبلاً عبر تطبيق تقنيات وأساليب إضافية. فعلى سبيل المثال، يمكن إجراء تحليل أكثر دقة للأنماط المكانية للتوسع العمراني من خلال تقسيم المدينة إلى وحدات أصغر، مما يتيح رؤية أوضح لتوزيع هذه الأنماط. إضافة إلى ذلك، فإن استخدام مرئيات فضائية عالية الدقة، بدلاً من المرئيات متوسطة الدقة المستخدمة في هذه الدراسة، قد يسمح بتحليل أكثر تفصيلاً على المستوى الجزئي.

فضلا عن العوامل المؤثرة في التوسع العمراني التي تناولتها الدراسة، هناك عوامل أخرى تلعب دوراً مهماً في هذه الظاهرة الاجتماعية الاقتصادية. حيث تشمل هذه العوامل الدخل، تفضيلات السكن، المستوى التعليمي، النمو الديموغرافي، حجم الأسرة، قيمة العقارات، وفرص العمل... على الرغم من أهمية هذه العوامل، إلا أن نقص البيانات المتعلقة بها يشكل تحدياً كبيراً. من الممكن جمع هذه البيانات عبر استبيانات، إلا أن هذا الأسلوب قد يؤدي إلى الحصول على معطيات مضللة، لا سيما في الدراسات التاريخية الممتدة لفترات طويلة، الأمر الذي قد يتسبب في انحراف كبير في عملية النمذجة.

وفي هذا السياق، اعتمدت هذه الدراسة على التنبؤ بالتوسع المستقبلي وفق تقديرين لاستهلاك الأراضي: أولاً، التقديرات التاريخية، وثانياً، تقديرات المخطط التوجيهي للتهيئة والتعمير. وبناء على ذلك، فإنه في الدراسات المستقبلية، يمكن إدراج مستويات متنوعة من التقديرات لتعكس التغيرات المحتملة بشكل أكثر دقة وشمولية وتنوع.

قائمة المراجع

✓ المصادر والمراجع باللغات الأجنبية:

1. Abd El-Kawy, O. R., Rød, J. K., Ismail, H. A., & Suliman, A. S. (2011). Land use and land cover change detection in the western Nile delta of Egypt using remote sensing data. *Applied geography*, 31(2), 483-494.
2. Abdullahi, S., Pradhan, B., & Al-sharif, A. A. A. (2017a). Introduction to Urban Growth and Expansion. In B. Pradhan (Éd.), *Spatial Modeling and Assessment of Urban Form : Analysis of Urban Growth : From Sprawl to Compact Using Geospatial Data* (p. 3-15). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-54217-1_1
3. Abdullahi, S., Pradhan, B., & Al-sharif, A. A. A. (2017b). Sprawl Versus Compact Development. In B. Pradhan (Éd.), *Spatial Modeling and Assessment of Urban Form : Analysis of Urban Growth : From Sprawl to Compact Using Geospatial Data* (p. 35-58). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-54217-1_3
4. Abebe, G. A. (2013). *Quantifying urban growth pattern in developing countries using remote sensing and spatial metrics : A case study in Kampala, Uganda* [Master's Thesis]. University of Twente.
5. Aburas, M. M., Ahamad, M. S. S., & Omar, N. Q. (2019). Spatio-temporal simulation and prediction of land-use change using conventional and machine learning models : A review. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191(4), 205. <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7330-6>
6. Aburas, M. M., Ho, Y. M., Ramli, M. F., & Ash'aari, Z. H. (2016). The simulation and prediction of spatio-temporal urban growth trends using cellular automata models : A review. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 52, 380-389. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2016.07.007>
7. Acheampong, R. A., Agyemang, F. S., & Abdul-Fatawu, M. (2017). Quantifying the spatio-temporal patterns of settlement growth in a metropolitan region of Ghana. *GeoJournal*, 82, 823-840.
8. Achmad, A., Hasyim, S., Dahlan, B., & Aulia, D. N. (2015). Modeling of urban growth in tsunami-prone city using logistic regression : Analysis of Banda Aceh, Indonesia. *Applied geography*, 62, 237-246.

9. Adjeroud, H., Lammoglia, A., Laurent, C., & Kebiche, A. (2019, juin 11). *Offre de transport et besoins de mobilité à Mila : Les particularités d'une ville moyenne algérienne*. 2èmes rencontres francophones transport mobilité (RFTM). <https://shs.hal.science/halshs-03137288>
10. Aguejdad, R. (2009). *Etalement urbain et évaluation de son impact sur la biodiversité, de la reconstitution des trajectoires à la modélisation prospective. Application à une agglomération de taille moyenne : Rennes Métropole*. [PhD Thesis]. Université Rennes 2.
11. Akintunde, J. A., Adzandeh, E. A., & Fabiyi, O. O. (2016). Spatio-temporal pattern of urban growth in Jos Metropolis, Nigeria. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 4, 44-54. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2016.04.003>
12. Al-Ahmadi, K., Heppenstall, A., Hogg, J., & See, L. (2009). A Fuzzy Cellular Automata Urban Growth Model (FCAUGM) for the City of Riyadh, Saudi Arabia. Part 1 : Model Structure and Validation. *Applied Spatial Analysis and Policy*, 2(1), 65-83. <https://doi.org/10.1007/s12061-008-9020-6>
13. Alqurashi, A., & Kumar, L. (2013). Investigating the use of remote sensing and GIS techniques to detect land use and land cover change : A review. *Advances in Remote Sensing*.
14. Al-shalabi, M., Billa, L., Pradhan, B., Mansor, S., & Al-Sharif, A. A. A. (2013). Modelling urban growth evolution and land-use changes using GIS based cellular automata and SLEUTH models : The case of Sana'a metropolitan city, Yemen. *Environmental Earth Sciences*, 70(1), 425-437. <https://doi.org/10.1007/s12665-012-2137-6>
15. Al-sharif, A. A. A., & Pradhan, B. (2015). A novel approach for predicting the spatial patterns of urban expansion by combining the chi-squared automatic integration detection decision tree, Markov chain and cellular automata models in GIS. *Geocarto International*, 30(8), 858-881. <https://doi.org/10.1080/10106049.2014.997308>
16. Al-sharif, A. A. A., Pradhan, B., & Abdullahi, S. (2017). Urban Sprawl Assessment. In B. Pradhan (Éd.), *Spatial Modeling and Assessment of Urban Form : Analysis of Urban Growth : From Sprawl to Compact Using Geospatial Data* (p. 61-92). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-54217-1_4

17. Anderson, J. R., Hardy, E. E., Roach, J. T., & Witmer, R. E. (1976). A land use and land cover classification system for use with remote sensor data. In *A land use and land cover classification system for use with remote sensor data* (USGS Numbered Series 964; Professional Paper, Vol. 964). <https://doi.org/10.3133/pp964>
18. Angel, S., Parent, J., & Civco, D. (2007). Urban sprawl metrics : An analysis of global urban expansion using GIS. *Proceedings of ASPRS 2007 Annual Conference, Tampa, Florida May, 7*(11).
19. Antoni, J.-P. (2003). *Modélisation de la dynamique de l'étalement urbain : Aspects conceptuels et gestionnaires. Application à Belfort* [PhD Thesis]. Université Louis Pasteur (Strasbourg)(1971-2008).
20. Arbury, J. (2005). *From urban sprawl to compact city : An analysis of urban growth management in Auckland*.
21. Arsanjani, J. J., Helbich, M., Kainz, W., & Boloorani, A. D. (2013). Integration of logistic regression, Markov chain and cellular automata models to simulate urban expansion. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 21*, 265-275.
22. Asokan, A., & Anitha, J. (2019). Change detection techniques for remote sensing applications : A survey. *Earth Science Informatics, 12*(2), 143-160. <https://doi.org/10.1007/s12145-019-00380-5>
23. Audirac, I., Shermeyen, A. H., & Smith, M. T. (1990). Ideal Urban Form and Visions of the Good Life Florida's Growth Management Dilemma. *Journal of the American Planning Association, 56*(4), 470-482. <https://doi.org/10.1080/01944369008975450>
24. Azhdari, A., Sasani, M. A., & Soltani, A. (2018). Exploring the relationship between spatial driving forces of urban expansion and socioeconomic segregation : The case of Shiraz. *Habitat International, 81*, 33-44. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2018.09.001>
25. Bae, C.-H., & Richardson, H. W. (1994). *AUTOMOBILES, THE ENVIRONMENT AND METROPOLITAN SPATIAL STRUCTURE*. Conference on Metropolitan America in Transition: Implications for Land Use and Transportation Planning Federal Highway Administration and Lincoln Institute of Land Policy. <https://trid.trb.org/view/469699>

26. Bakour, M., & Baouni, T. (2015). Étalement urbain et dynamique des agglomérations à Alger : Quel rôle pour la promotion administrative ? *Cahiers de géographie du Québec*, 59(168), 377-406. <https://doi.org/10.7202/1037255ar>
27. Balta, M. Ö. (2016). Urban development policy and urban sprawl in Turkey. In *Energy, Transportation and Global Warming* (p. 5-11). Springer.
28. Banister, D., Watson, S., & Wood, C. (1997). Sustainable cities : Transport, energy, and urban form. *Environment and Planning B: planning and design*, 24(1), 125-143.
29. Bannari, A., Morin, D., Bonn, F., & Huete, A. R. (1995). A review of vegetation indices. *Remote Sensing Reviews*, 13(1-2), 95-120. <https://doi.org/10.1080/02757259509532298>
30. Barnes, K. B., Morgan III, J. M., Roberge, M. C., & Lowe, S. (2001). Sprawl development : Its patterns, consequences, and measurement. *Towson University, Towson*, 1, 24.
31. Basu, A. (2005). Smart growth towards economic performance. *Urban and Regional Planning Economic Development Handbook*.
32. Batisani, N., & Yarnal, B. (2009). Urban expansion in Centre County, Pennsylvania : Spatial dynamics and landscape transformations. *Applied Geography*, 29(2), 235-249. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2008.08.007>
33. Batty, M. (1979). Progress, Success, and Failure in Urban Modelling. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 11(8), 863-878. <https://doi.org/10.1068/a110863>
34. Batty, M. (2009). Urban modeling. International encyclopedia of human geography. In *Elsevier, Oxford*. Elsevier, Oxford.
35. Benfield, F. K., Raimi, M., & Chen, D. D. T. (1999). *Once There Were Greenfields : How Urban Sprawl Is Undermining Americas's Environment, Economy, and Social Fabric*. Natural Resource Defense.
36. Berling-Wolff, S., & Wu, J. (2004). Urban growth models : A historical review. *Ecological Research*, 19, 119-129.

37. Bessy, P. (2000). Les formes récentes de la croissance urbaine. *Economie et statistique*, 336(1), 35-52.
38. Bhatta, B. (2010). *Analysis of Urban Growth and Sprawl from Remote Sensing Data*. Springer Science & Business Media.
39. Bhatta, B. (2012). *Urban growth analysis and remote sensing : A case study of Kolkata, India 1980–2010*. Springer Science & Business Media.
40. Bibri, S. E., Krogstie, J., & Kärrholm, M. (2020). Compact city planning and development : Emerging practices and strategies for achieving the goals of sustainability. *Developments in the built environment*, 4, 100021.
41. Bloch, R., Monroy, J., Fox, S., & Ojo, A. (2015). *Urbanisation and urban expansion in Nigeria*.
42. Boukelouha, R., & Labii, B. (2014). *Pour un projet urbain stratégique à Mila, la cohérence urbaine et la question foncière...* [MEMOIRE DE MAGISTER, UNIVERSITE DE CONSTANTINE 3]. <http://localhost:8080/xmlui/handle/123456789/1742>
43. Boukhemis, K., & Zeghiche, A. (1990). Spatial Aspects of Population Growth and Migration in Constantine, Algeria. *Third World Planning Review*, 12(3), 281. <https://doi.org/10.3828/twpr.12.3.p402511315683004>
44. Braimoh, A. K., & Onishi, T. (2007a). Spatial determinants of urban land use change in Lagos, Nigeria. *Land Use Policy*, 24(2), 502-515. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2006.09.001>
45. Braimoh, A. K., & Onishi, T. (2007b). Spatial determinants of urban land use change in Lagos, Nigeria. *Land Use Policy*, 24(2), 502-515. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2006.09.001>
46. Braimoh, A. K., & Onishi, T. (2007c). Spatial determinants of urban land use change in Lagos, Nigeria. *Land Use Policy*, 24(2), 502-515. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2006.09.001>
47. Brand, P. (2000). The sustainable city as metaphor : Urban environmentalism in Medellín, Colombia. *Compact cities: Sustainable urban forms for developing countries*, 93.

48. Briassoulis, H. (2000). Analysis of land use change : Theoretical and modeling approaches, the web book of regional Science. *Regional research institute, West Virginia University, USA*.
49. Brimicombe, A. (2009). Issues of Coupling the Technologies. In *GIS, Environmental Modeling and Engineering (2^e éd.)*. CRC Press.
50. Brunner, A. (Éd.). (2012). *The Effects of Urban Sprawl on Daily Life*. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.207102>
51. Bulti, D. T., Eshete, A. L., Bulti, D. T., & Eshete, A. L. (2023). Perspective Chapter : Spatio–Temporal Analysis of Urban Expansion. In *Contemporary Issues in Land Use Planning*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.107287>
52. Bunruamkaew, K., & Murayama, Y. (2011). Site Suitability Evaluation for Ecotourism Using GIS & AHP : A Case Study of Surat Thani Province, Thailand. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 21, 269-278. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.07.024>
53. Burchell, R. W., Shad, N. A., Listokin, D., Phillips, H., Downs, A., Seskin, S., Davis, J. S., Moore, T., Helton, D., & Gall, M. (1998). THE COSTS OF SPRAWL – REVISITED. *TCRP Report, 39*, Article Project H–10 FY '95. <https://trid.trb.org/view/540975>
54. Burgess, R. (2000). The Compact City Debate : A Global Perspective. In *Compact Cities*. Routledge.
55. Burton, E. (2000). The compact city : Just or just compact? A preliminary analysis. *Urban studies*, 37(11), 1969-2006.
56. Burton, E. (2002). Measuring urban compactness in UK towns and cities. *Environment and planning B: Planning and Design*, 29(2), 219-250.
57. Calthorpe, P., & Fulton, W. B. (2001). *The Regional City : Planning for the end of sprawl*. Island Press.
58. Camacho Olmedo, M. T., Paegelow, M., Mas, J. F., & Escobar, F. (2018). Geomatic Approaches for Modeling Land Change Scenarios. An Introduction. In M. T. Camacho Olmedo, M. Paegelow, J.–F. Mas, & F. Escobar (Éds.), *Geomatic Approaches for*

Modeling Land Change Scenarios (p. 1-8). Springer International Publishing.
https://doi.org/10.1007/978-3-319-60801-3_1

59. Cappelli, F., Guastella, G., & Pareglio, S. (2021). *Urban sprawl and air quality in European Cities: An empirical assessment*. Fondazione Eni Enrico Mattei (FEEM).
<http://www.jstor.org/stable/resrep30499>

60. Chen, T., & Chou, T. (2018). Spatial form of urbanization, sustainability and fragmented landownership: The example of Ilan in Taiwan's urbanization. *GeoJournal*, 83(3), 489-508.

61. Cheng, J. (2003). *Modelling spatial and temporal urban growth*. Utrecht University Utrecht, The Netherlands.

62. Cheng, J., & Masser, I. (2003). Urban growth pattern modeling: A case study of Wuhan city, PR China. *Landscape and urban planning*, 62(4), 199-217.

63. Chetry, V. (2023). A Critical Review of Urban Sprawl Studies. *Journal of Geovisualization and Spatial Analysis*, 7(2), 28. <https://doi.org/10.1007/s41651-023-00158-w>

64. Chhetri, P., Han, J. H., Chandra, S., & Corcoran, J. (2013). Mapping urban residential density patterns: Compact city model in Melbourne, Australia. *City, culture and society*, 4(2), 77-85.

65. Chris, C., Leontidou, L., & Petschel-Held, G. (2007). *Urban sprawl in Europe. Landscapes, land-use change & policy. Real estate issues*. Blackwell, Oxford, Malden MA.

66. Clapham, W. B. (2003). Continuum-based classification of remotely sensed imagery to describe urban sprawl on a watershed scale. *Remote Sensing of Environment*, 86(3), 322-340. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(03\)00076-2](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(03)00076-2)

67. Clark, D. (2013). *Urban Geography (Routledge Revivals): An Introductory Guide*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203796641>

68. Club, S. (1998). Sprawl: The dark side of the American dream. *Sierra Club Sprawl Report*.

69. Congress, U. S. (1995). *The Technological Reshaping of Metropolitan America, OTA-ETI-643*.
70. Cordova-Pozo, K., & Rouwette, E. A. J. A. (2023). Types of scenario planning and their effectiveness: A review of reviews. *Futures, 149*, 103153. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2023.103153>
71. Corporation, R. E. R., Development, U. D. O. of P., Planning, U. S. E. P. A. O. of, & Management. (1974). *The Costs of Sprawl: Environmental and Economic Costs of Alternative Residential Development Patterns at the Urban Fringe: Prepared for the Council on Environmental Quality, the Office of Policy Development and Research, Department of Housing and Urban Development, and the Office of Planning and Management, Environmental Protection Agency* (Vol. 1). US Government Printing Office.
72. Cuschieri, S., Grech, V., & Savona-Ventura, C. (2019). WASP (Write a Scientific Paper) : Structuring a scientific paper. *Early human development, 128*, 114-117.
73. Dadashpoor, H., & Ahani, S. (2019). Land tenure-related conflicts in peri-urban areas : A review. *Land Use Policy, 85*, 218-229. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.03.051>
74. Dadashpoor, H., Azizi, P., & Moghadasi, M. (2019). Analyzing spatial patterns, driving forces and predicting future growth scenarios for supporting sustainable urban growth : Evidence from Tabriz metropolitan area, Iran. *Sustainable Cities and Society, 47*, 101502. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101502>
75. Dahal, K., & Lindquist, E. (2018). Spatial, Temporal and Hierarchical Variability of the Factors Driving Urban Growth : A Case Study of the Treasure Valley of Idaho, USA. *Applied Spatial Analysis and Policy, 11*(3), 481-510.
76. Davies, B., Romanowska, I., Harris, K., & Crabtree, S. A. (2019). Combining Geographic Information Systems and Agent-Based Models in Archaeology : Part 2 of 3. *Advances in Archaeological Practice, 7*(2), 185-193. <https://doi.org/10.1017/aap.2019.5>
77. Dechaïcha, A., & Alkama, D. (2020). DÉTECTION DU CHANGEMENT DE L'ÉTALEMENT URBAIN AU BAS-SAHARA ALGÉRIEN: APPORT DE LA TÉLÉDÉTECTION SPATIALE ET DES SIG. CAS DE LA VILLE DE BISKRA (ALGÉRIE).

Revue Française de Photogrammétrie et de Télédétection, 222, Article 222.
<https://doi.org/10.52638/rfpt.2020.486>

78. Dewan, A. M., & Yamaguchi, Y. (2009a). Land use and land cover change in Greater Dhaka, Bangladesh : Using remote sensing to promote sustainable urbanization. *Applied Geography*, 29(3), 390-401. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2008.12.005>

79. Dewan, A. M., & Yamaguchi, Y. (2009b). Using remote sensing and GIS to detect and monitor land use and land cover change in Dhaka Metropolitan of Bangladesh during 1960–2005. *Environmental monitoring and assessment*, 150(1), 237-249.

80. Dieleman, F., & Wegener, M. (2004). Compact city and urban sprawl. *Built environment*, 30(4), 308-323.

81. Djenette, & ZEGHLACH. (2012). *Portail national de signalement des thèses* [Memoire de MAGISTER, UNIVERSITE FERHAT ABBAS].
<https://www.pnst.cerist.dz/detail.php?id=64367>

82. Duany, A., Plater-Zyberk, E., & Speck, J. (2000). *Suburban Nation : The Rise of Sprawl and the Decline of the American Dream*.

83. Dutta, I., & Das, A. (2019). Exploring the dynamics of urban sprawl using geo-spatial indices : A study of English Bazar Urban Agglomeration, West Bengal. *Applied Geomatics*, 11(3), 259-276. <https://doi.org/10.1007/s12518-019-00257-8>

84. Ebrahimpour-Masoumi, H. (2012). Urban sprawl in Iranian cities and its differences with the western sprawl. *Spatium*, 27, 12-18.

85. Eryildiz, S., & Xhexh, K. (2012). *“Eco Cities” Under Construction*. 5.

86. Essa, W., Verbeiren, B., van der Kwast, J., Van de Voorde, T., & Batelaan, O. (2012). Evaluation of the DisTrad thermal sharpening methodology for urban areas. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 19, 163-172.
<https://doi.org/10.1016/j.jag.2012.05.010>

87. Ewing, J. T., Humstone, E., & Farley, D. (1995). *What is sprawl in vermont?* (02; exploring sprawl, p. 1-7). Orton family foundation.

88. Ewing, R. (1997). Is Los Angeles–Style Sprawl Desirable? *Journal of the American Planning Association*, 63(1), 107-126. <https://doi.org/10.1080/01944369708975728>
89. Fan, F., Wang, Y., Qiu, M., & Wang, Z. (2009). Evaluating the Temporal and Spatial Urban Expansion Patterns of Guangzhou from 1979 to 2003 by Remote Sensing and GIS Methods. *International Journal of Geographical Information Science*, 23(11), 1371-1388. <https://doi.org/10.1080/13658810802443432>
90. Farley, R., & Frey, W. H. (1994). Changes in the segregation of whites from blacks during the 1980s: Small steps toward a more integrated society. *American sociological review*, 23-45.
91. Fekkous, N., Alkama, D., & Fekkous, K. (2023). Cartography and Analysis of the Urban Growth, Case Study : Inter–Communal Grouping of Batna, Algeria. *Quaestiones Geographicae*, 42(1), 123-139. <https://doi.org/10.14746/quageo-2023-0009>
92. Feng, Y., Wang, J., Tong, X., Shafizadeh–Moghadam, H., Cai, Z., Chen, S., Lei, Z., & Gao, C. (2019). Urban expansion simulation and scenario prediction using cellular automata : Comparison between individual and multiple influencing factors. *Environmental monitoring and assessment*, 191(5), 1-20.
93. Field, A. (2013). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics*. sage.
94. Fischer, M. M., Scholten, H. J., & Unwin, D. (1996). Geographic information systems, spatial data analysis and spatial modelling : An introduction. In *Spatial Analytical Perspectives on GIS*. Routledge.
95. Foody, G. M. (2002). Status of land cover classification accuracy assessment. *Remote sensing of environment*, 80(1), 185-201.
96. Fox, S., & Goodfellow, T. (2016). *Cities and Development* (2^e éd.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315815527>
97. Freilich, R. H., & Peshoff, B. G. (1997). The Social Costs of Sprawl. *The Urban Lawyer*, 29(2), 183-198.
98. Frey, H. (2003). *Designing the city: Towards a more sustainable urban form*. Taylor & Francis.

99. Frumkin, H. (2002). Urban Sprawl and Public Health. *Public Health Reports (1974-), 117(3)*, 201-217. JSTOR.
100. Galster, G. C. (1991). Black suburbanization : Has it changed the relative location of races? *Urban Affairs Quarterly, 26(4)*, 621-628.
101. Galster, G., Hanson, R., Ratcliffe, M. R., Wolman, H., Coleman, S., & Freihage, J. (2001). Wrestling Sprawl to the Ground : Defining and measuring an elusive concept. *Housing Policy Debate, 12(4)*, 681-717. <https://doi.org/10.1080/10511482.2001.9521426>
102. Garcia-López, M.-À. (2012). Urban spatial structure, suburbanization and transportation in Barcelona. *Journal of Urban Economics, 72(2-3)*, 176-190. <https://doi.org/10.1016/j.jue.2012.05.003>
103. Gasidlo, K. (2017). Compact city in dispersion. *Studia Regionalia, 7*-16.
104. Gavrilidis, A. A., Niță, M. R., Onose, D. A., Badiu, D. L., & Năstase, I. I. (2019). Methodological framework for urban sprawl control through sustainable planning of urban green infrastructure. *Ecological indicators, 96*, 67-78.
105. Giudici, M. (2001). *Development, calibration and validation of physical models*.
106. Gkyer, E. (2013). *Understanding Landscape Structure Using Landscape Metrics* (M. Ozyavuz, Éd.). InTech. <https://doi.org/10.5772/55758>
107. Gong, J., Hu, Z., Chen, W., Liu, Y., & Wang, J. (2018). Urban expansion dynamics and modes in metropolitan Guangzhou, China. *Land Use Policy, 72*, 100-109. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.12.025>
108. Goodchild, M. F. (1992). Geographical data modeling. *Computers & Geosciences, 18(4)*, 401-408. [https://doi.org/10.1016/0098-3004\(92\)90069-4](https://doi.org/10.1016/0098-3004(92)90069-4)
109. Gordon, P., & Richardson, H. W. (1997). Are compact cities a desirable planning goal? *Journal of the American planning association, 63(1)*, 95-106.
110. Gu, L., & Chen, M. F. (2013). New Mode of Sustainable Development in Urban China, the Compact City. *Applied Mechanics and Materials, 361-363*, 172-175. Sustainable Cities Development and Environment Protection. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.361-363.172>

111. Gu, W., Lv, Z., & Hao, M. (2017). Change detection method for remote sensing images based on an improved Markov random field. *Multimedia Tools and Applications*, 76(17), 17719-17734. <https://doi.org/10.1007/s11042-015-2960-3>
112. Guechi, I., Gherraz, H., Alkama, D., & Korichi, A. (2024). Spatial Suitability Analysis for Sustainable Urban Growth Using the AHPGeoTOPSIS Model. A Case Study in Guelma, Algeria. *Mitteilungen Der Österreichischen Geographischen Gesellschaft*, 1, 307-338. <https://doi.org/10.1553/moegg165-083>
113. Guo, R., Wu, T., Liu, M., Huang, M., Stendardo, L., & Zhang, Y. (2019). The Construction and Optimization of Ecological Security Pattern in the Harbin–Changchun Urban Agglomeration, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(7), Article 7. <https://doi.org/10.3390/ijerph16071190>
114. Gustafson, E. J. (1998). Quantifying Landscape Spatial Pattern : What Is the State of the Art? *Ecosystems*, 1(2), 143-156. <https://doi.org/10.1007/s100219900011>
115. Ha, N. T., Manley–Harris, M., Pham, T. D., & Hawes, I. (2020). A comparative assessment of ensemble–based machine learning and maximum likelihood methods for mapping seagrass using sentinel–2 imagery in Tauranga Harbor, New Zealand. *Remote Sensing*, 12(3), 355.
116. Haber, W. (2007). Energy, food, and land—The ecological traps of humankind. *Environmental Science and Pollution Research – International*, 14(6), 359-365. <https://doi.org/10.1065/espr2007.09.449>
117. Halder, B., Banik, P., & Bandyopadhyay, J. (2021). Mapping and monitoring land dynamic due to urban expansion using geospatial techniques on South Kolkata. *Safety in Extreme Environments*, 3(1), 27-42. <https://doi.org/10.1007/s42797-021-00032-2>
118. Hamad, R. (2019). A remote sensing and GIS–based analysis of urban sprawl in Soran District, Iraqi Kurdistan. *SN Applied Sciences*, 2(1), 24. <https://doi.org/10.1007/s42452-019-1806-4>
119. Hamdy, O., Zhao, S., Salheen, M. A., & Eid, Y. Y. (2017). Analyses the driving forces for urban growth by using IDRISI® Selva models Abouelreesh–Aswan as a case study. *International Journal of Engineering and Technology*, 9(3), 226.

120. Hangri, M., & Foura, M. (2021). L'étalement urbain entre durabilité et consommation foncière—Cas de M'daourouch –. *Algerian Journal of Human and Social Sciences*, 5(2), 294-309.
121. Hardi, T., Repaská, G., Veselovský, J., & Viliňová, K. (2020). Environmental consequences of the urban sprawl in the suburban zone of Nitra : An analysis based on landcover data. *Geographica Pannonica*, 24(3), 205-220. <https://doi.org/10.5937/gp24-25543>
122. Hartley, J. (2008). *Academic writing and publishing : A practical handbook*. Routledge.
<https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.4324/9780203927984/academic-writing-publishing-james-hartley-james-hartley>
123. Hasse, J. (2004). A geospatial approach to measuring new development tracts for characteristics of sprawl. *Landscape Journal*, 23(1), 52-67.
124. Hasse, J. E., & Lathrop, R. G. (2003). Land resource impact indicators of urban sprawl. *Applied geography*, 23(2-3), 159-175.
125. Hasse, J., & Lathrop, R. G. (2003). A housing-unit-level approach to characterizing residential sprawl. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 69(9), 1021-1030.
126. He, Q., Yan, M., Zheng, L., & Wang, B. (2023). Spatial stratified heterogeneity and driving mechanism of urban development level in China under different urban growth patterns with optimal parameter-based geographic detector model mining. *Computers, Environment and Urban Systems*, 105, 102023. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2023.102023>
127. Heidarinejad, N. (2017). *The effects of urban expansion on spatial and socioeconomic patterns of the peri-urban areas : A case study of Isfahan city, Iran* [PhD Thesis].
128. Hennig, E., Soukup, T., Orlitova, E., Schwick, C., Kienast, F., & Jaeger, J. (2016). *Urban sprawl in Europe. Joint EEA-FOEN report*. <https://doi.org/10.2800/143470>

129. Herold, M., Couclelis, H., & Clarke, K. C. (2005). The role of spatial metrics in the analysis and modeling of urban land use change. *Computers, environment and urban systems*, 29(4), 369-399.
130. Herold, M., Goldstein, N. C., & Clarke, K. C. (2003a). The spatiotemporal form of urban growth : Measurement, analysis and modeling. *Remote Sensing of Environment*, 86(3), 286-302. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(03\)00075-0](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(03)00075-0)
131. Herold, M., Goldstein, N. C., & Clarke, K. C. (2003b). The spatiotemporal form of urban growth : Measurement, analysis and modeling. *Remote Sensing of Environment*, 86(3), 286-302. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(03\)00075-0](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(03)00075-0)
132. Herold, M., Scepan, J., & Clarke, K. C. (2002). The use of remote sensing and landscape metrics to describe structures and changes in urban land uses. *Environment and planning A*, 34(8), 1443-1458.
133. Hillman, M. (1996). In favour of the compact city. *The compact city: A sustainable urban form*, 36-44.
134. Holden, E., & Norland, I. T. (2005). Three Challenges for the Compact City as a Sustainable Urban Form : Household Consumption of Energy and Transport in Eight Residential Areas in the Greater Oslo Region. *Urban Studies*, 42(12), 2145-2166. <https://doi.org/10.1080/00420980500332064>
135. Howley, P. (2009). Attitudes towards compact city living : Towards a greater understanding of residential behaviour. *Land Use Policy*, 26(3), 792-798. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2008.10.004>
136. Hu, Z., Du, P., & Guo, D. (2007). Analysis of urban expansion and driving forces in Xuzhou city based on remote sensing. *Journal of China University of Mining and Technology*, 17(2), 267-271.
137. Hu, Z., & Lo, C. P. (2007). Modeling urban growth in Atlanta using logistic regression. *Computers, environment and urban systems*, 31(6), 667-688.
138. Idowu, O. O., Shaibu, S. I., Raheem, W. A., & Martins, V. I. (2018). Perspectives of Urban Sprawl : The Conflated Issues and Realities. *INCLUSIVE CITY GROWTH AND THE POOR: Policies, Challenges and Prospects*, 70.

139. Im, J., & Jensen, J. R. (2005). A change detection model based on neighborhood correlation image analysis and decision tree classification. *Remote Sensing of Environment*, 99(3), 326-340.
140. Imani, J., Ebrahimi, A., Gholinejad, B., & Tahmasebi, P. (2018). Comparison of NDVI and SAVI in three plant communities with different sampling intensity (case study : Choghakhour Lake rangelands in Charmahal & Bakhtiri). *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 25(1). <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20183368650>
141. Javed, A., Cheng, Q., Peng, H., Altan, O., Li, Y., Ara, I., Huq, E., Ali, Y., & Saleem, N. (2021). Review of Spectral Indices for Urban Remote Sensing. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 87(7), 513-524.
142. Jenks, M., Burton, E., & Williams, K. (1996). *The Compact city: A sustainable urban form?*
143. Jenks, M., & Jones, C. (2010). Issues and Concepts. In M. Jenks & C. Jones (Éds.), *Dimensions of the Sustainable City* (p. 1-19). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8647-2_1
144. Jirge, P. R. (2017). Preparing and Publishing a Scientific Manuscript. *Journal of Human Reproductive Sciences*, 10(1), 3-9. https://doi.org/10.4103/jhrs.JHRS_36_17
145. Johnson, M. P. (2001). Environmental impacts of urban sprawl : A survey of the literature and proposed research agenda. *Environment and planning A*, 33(4), 717-735.
146. Joshua, P. B., Glanda, G. G., & Ilesanmi, F. A. (2016). *The Effects of Land Speculation on Urban Planning and Development in Bajabure Area, Girei Local Government, Adamawa State.*
147. Kakar, K. A., & Prasad, C. S. R. K. (2020). Impact of Urban Sprawl on Travel Demand for Public Transport, Private Transport and Walking. *Transportation Research Procedia*, 48, 1881-1892. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.08.221>
148. Kang, J., Zhang, X., Zhu, X., & Zhang, B. (2021). Ecological security pattern : A new idea for balancing regional development and ecological protection. A case study of the Jiaodong Peninsula, China. *Global Ecology and Conservation*, 26, e01472.

149. Kantakumar, L. N., Kumar, S., & Schneider, K. (2016). Spatiotemporal urban expansion in Pune metropolis, India using remote sensing. *Habitat International*, 51, 11-22. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2015.10.007>
150. Kantakumar, L. N., Kumar, S., & Schneider, K. (2020). What drives urban growth in Pune? A logistic regression and relative importance analysis perspective. *Sustainable Cities and Society*, 60, 102269. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102269>
151. Kasraian, D., Maat, K., & van Wee, B. (2019). The impact of urban proximity, transport accessibility and policy on urban growth : A longitudinal analysis over five decades. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 46(6), 1000-1017. <https://doi.org/10.1177/2399808317740355>
152. Kaufmann, R. K., Seto, K. C., Schneider, A., Liu, Z., Zhou, L., & Wang, W. (2007). Climate Response to Rapid Urban Growth : Evidence of a Human-Induced Precipitation Deficit. *Journal of Climate*, 20(10), 2299-2306. <https://doi.org/10.1175/JCLI4109.1>
153. Kim, Y., Newman, G., & Güneralp, B. (2020). A Review of Driving Factors, Scenarios, and Topics in Urban Land Change Models. *Land*, 9(8), Article 8. <https://doi.org/10.3390/land9080246>
154. Knaap, G. J., & Hopkins, L. D. (2001). The Inventory Approach to Urban Growth Boundaries. *Journal of the American Planning Association*, 67(3), 314-326. <https://doi.org/10.1080/01944360108976238>
155. Koomen, E., & Stillwell, J. (2007). Modelling Land-Use Change. In E. Koomen, J. Stillwell, A. Bakema, & H. J. Scholten (Éds.), *Modelling Land-Use Change : Progress and Applications* (p. 1-22). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5648-2_1
156. Kotharkar, R., Bahadure, P., & Sarda, N. (2014). Measuring compact urban form : A case of Nagpur City, India. *Sustainability*, 6(7), 4246-4272.
157. Kotkar, S. R., & Jadhav, B. D. (2015). Analysis of various change detection techniques using satellite images. *2015 International Conference on Information Processing (ICIP)*, 664-668. <https://doi.org/10.1109/INFOP.2015.7489466>

158. Kumar, U., Mukhopadhyay, C., & Ramachandra, T. V. (2014). Cellular automata calibration model to capture urban growth. *Boletín geológico y minero*, 125(3), 285-299.
159. Lambin, E. F., Geist, H., & Rindfuss, R. R. (2006). Introduction : Local Processes with Global Impacts. In E. F. Lambin & H. Geist (Éds.), *Land-Use and Land-Cover Change : Local Processes and Global Impacts* (p. 1-8). Springer. https://doi.org/10.1007/3-540-32202-7_1
160. Lang, R. E. (2002). Open spaces, bounded places : Does the American West's arid landscape yield dense metropolitan growth? *Housing Policy Debate*, 13(4), 755-778.
161. Layeb, H. (1999). Volontarisme spatial et promotion administrative en Algérie. *Méditerranée*, 91(1), 85-91. <https://doi.org/10.3406/medit.1999.3090>
162. Ledermann, R. C. (1967). The city as a place to live. *Metropolis on the move: geographers look at urban sprawl*. Wiley, New York.
163. Lessinger, J. (1962). The Case for Scatteration : Some Reflections on the National Capital Region Plan for the Year 2000. *Journal of the American Institute of Planners*, 28(3), 159-169.
164. Li, C. (2014). *Monitoring and analysis of urban growth process using Remote Sensing, GIS and Cellular Automata modeling : A case study of Xuzhou city, China* [PhD Thesis]. Universitätsbibliothek Dortmund.
165. Li, G., Sun, S., & Fang, C. (2018). The varying driving forces of urban expansion in China : Insights from a spatial-temporal analysis. *Landscape and Urban Planning*, 174, 63-77.
166. Li, H., & Wu, J. (2004). Use and misuse of landscape indices. *Landscape ecology*, 19(4), 389-399.
167. Li, M., Zhang, G., Liu, Y., Cao, Y., & Zhou, C. (2019). Determinants of Urban Expansion and Spatial Heterogeneity in China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(19), Article 19. <https://doi.org/10.3390/ijerph16193706>

168. Li, X., & Yeh, A. G.-O. (2000). Modelling sustainable urban development by the integration of constrained cellular automata and GIS. *International journal of geographical information science*, 14(2), 131-152.
169. Li, X., Zhou, W., & Ouyang, Z. (2013a). Forty years of urban expansion in Beijing : What is the relative importance of physical, socioeconomic, and neighborhood factors? *Applied Geography*, 38, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2012.11.004>
170. Li, X., Zhou, W., & Ouyang, Z. (2013b). Forty years of urban expansion in Beijing : What is the relative importance of physical, socioeconomic, and neighborhood factors? *Applied Geography*, 38, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2012.11.004>
171. Li, Y.-Y., Zhang, Y.-Z., Jiang, Z.-Y., Guo, C.-X., Zhao, M.-Y., Yang, Z.-G., Guo, M.-Y., Wu, B.-Y., & Chen, Q.-L. (2021). Integrating morphological spatial pattern analysis and the minimal cumulative resistance model to optimize urban ecological networks : A case study in Shenzhen City, China. *Ecological Processes*, 10(1), 63. <https://doi.org/10.1186/s13717-021-00332-2>
172. Liao, Z., & Zhang, L. (2023). Spatio-temporal analysis and simulation of urban ecological resilience in Guangzhou City based on the FLUS model. *Scientific Reports*, 13(1), 7400. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-33342-5>
173. Lin, J., & Li, X. (2016). Knowledge Transfer for Large-Scale Urban Growth Modeling Based on Formal Concept Analysis : Knowledge Transfer for Large-Scale Urban CA Model. *Transactions in GIS*, 20(5), 684-700. <https://doi.org/10.1111/tgis.12172>
174. Lin, J.-J., & Yang, A.-T. (2006). Does the compact-city paradigm foster sustainability? An empirical study in Taiwan. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 33(3), 365-380.
175. Lindgren, M., & Bandhold, H. (2009). *Scenario Planning – Revised and Updated : The Link Between Future and Strategy*. Palgrave Macmillan UK.
176. Liu, L., Liu, J., Liu, Z., Xu, X., & Wang, B. (2020). Analysis on the Spatio-Temporal Characteristics of Urban Expansion and the Complex Driving Mechanism : Taking the Pearl River Delta Urban Agglomeration as a Case. *Complexity*, 2020(1), 8157143. <https://doi.org/10.1155/2020/8157143>

177. Liu, L., Yu, S., Zhang, H., Wang, Y., & Liang, C. (2023). Analysis of Land Use Change Drivers and Simulation of Different Future Scenarios : Taking Shanxi Province of China as an Example. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(2), Article 2. <https://doi.org/10.3390/ijerph20021626>
178. Liu, X., Li, X., Chen, Y., Tan, Z., Li, S., & Ai, B. (2010). A new landscape index for quantifying urban expansion using multi-temporal remotely sensed data. *Landscape ecology*, 25, 671-682.
179. Longley, P. A., & Mesev, V. (2000). On the measurement and generalisation of urban form. *Environment and planning A*, 32(3), 473-488.
180. Lu, D., Mausel, P., Brondizio, E., & Moran, E. (2004). Change detection techniques. *International Journal of Remote Sensing*, 25(12), 2365-2401. <https://doi.org/10.1080/0143116031000139863>
181. Luo, J., & Wei, Y. H. D. (2009). Modeling spatial variations of urban growth patterns in Chinese cities : The case of Nanjing. *Landscape and Urban Planning*, 91(2), 51-64. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2008.11.010>
182. Luo, T., Tan, R., Kong, X., & Zhou, J. (2019). Analysis of the driving forces of urban expansion based on a modified logistic regression model : A case study of Wuhan city, Central China. *Sustainability*, 11(8), 2207.
183. Luo, X., Tong, X., & Pan, H. (2020). Integrating multiresolution and multitemporal Sentinel-2 imagery for land-cover mapping in the Xiongan New Area, China. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 59(2), 1029-1040.
184. Lv, W., & Wang, X. (2020). Overview of Hyperspectral Image Classification. *Journal of Sensors*, 2020, e4817234. <https://doi.org/10.1155/2020/4817234>
185. Maimaiti, B., Ding, J., Simayi, Z., & Kasimu, A. (2017). Characterizing urban expansion of Korla City and its spatial-temporal patterns using remote sensing and GIS methods. *Journal of Arid Land*, 9(3), 458-470. <https://doi.org/10.1007/s40333-017-0099-y>
186. Maimaitijiang, M., Ghulam, A., Sandoval, J. S. O., & Maimaitiyiming, M. (2015). Drivers of land cover and land use changes in St. Louis metropolitan area over the past 40

years characterized by remote sensing and census population data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 35, 161-174. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2014.08.020>

187. Malpezzi, S. (1999). *Estimates of the measurement and determinants of urban sprawl in US metropolitan areas*. University of Wisconsin Center for Urban Land Economic Research.

188. Manesha, E. P. P., Jayasinghe, A., & Kalpana, H. N. (2021). Measuring urban sprawl of small and medium towns using GIS and remote sensing techniques : A case study of Sri Lanka. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 24(3, Part 2), 1051-1060. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2021.11.001>

189. Mazouz, M. T., & Adad, M. C. (2018). *QUELQUES INDICATEURS POUR LA MESURE DE LA CONSOMMATION DES ESPACES ET LA CARACTERISATION DE L'ETALEMENT URBAIN DE LA VILLE D'AIN BEIDA*. 25, 143-156.

190. McGarigal, K., Cushman, S. A., & Ene, E. (2012). FRAGSTATS v4 : Spatial pattern analysis program for categorical and continuous maps. *Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst*.

191. McGarigal, K., Cushman, S. A., Neel, M. C., & Ene, E. (2002). FRAGSTATS : Spatial pattern analysis program for categorical maps. *Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst. Available at the following web site: www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html*, 6.

192. McGarigal, K., & Marks, B. J. (1995). Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. *Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-351. US Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station*, 1-122.

193. McGrath, D. T. (2005). More evidence on the spatial scale of cities. *Journal of Urban Economics*, 58(1), 1-10.

194. McIntosh, J., Trubka, R., Kenworthy, J., & Newman, P. (2014). The role of urban form and transit in city car dependence : Analysis of 26 global cities from 1960 to 2000. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 33, 95-110. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2014.08.013>

195. Merakchi, A., Alkama, D., & Zaouia, K. (2024). ASSESSMENT OF THE SPATIAL APPROPRIATENESS OF THE FUTURE URBANIZATION OF THE CITY OF (AIN BEIDA, ALGERIA) USING GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS, THE ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS, AND THE DELPHI METHOD. *International Journal of Innovative Technologies in Social Science*, 2(42), Article 2(42). https://doi.org/10.31435/rsglobal_ijitss/30062024/8161
196. Messaadi, I., & Raham, D. (2020). ÉTUDE MÉTHODOLOGIQUE DE LA CROISSANCE URBAINE EN ALGERIE. : CAS D'ETUDE : L'ETALEMENT URBAIN DE LA VILLE DE BATNA. *Sciences & Technologie. D, Sciences de la terre*, 52, Article 52.
197. Mobaraki, O., Seyed Ahmadiyani, J., & Zarrabi, A. (2012). Strategy for Sustainable Urban Development : A Case Study of Urmia City, Iran. *Greener Journal of Social Sciences*, 2, 041-049. <https://doi.org/10.15580/GJSS.2012.1.GJSS1203>
198. Mohamed, B., Fatiha, B., Hassan, R., Said, B., Taoufik, B., Najat, B., & Mohamed, B. (2020). *Modeling of Urban Growth Using Cellular Automata and GIS Case of Benslimane in Morocco* (2020110287). Preprints. <https://doi.org/10.20944/preprints202011.0287.v1>
199. Mouratidis, K. (2018). Is compact city livable? The impact of compact versus sprawled neighbourhoods on neighbourhood satisfaction. *Urban studies*, 55(11), 2408-2430.
200. Muchelo, R. O. (2017). *Urban expansion and loss of prime agricultural land in Sub-Saharan Africa : A challenge to soil conservation and food security* [PhD Thesis]. <https://ses.library.usyd.edu.au/handle/2123/18116>
201. Nadeem, M., Aziz, A., Al-Rashid, M. A., Tesoriere, G., Asim, M., & Campisi, T. (2021). Scaling the potential of compact city development : The case of Lahore, Pakistan. *Sustainability*, 13(9), 5257.
202. Nadon-Roger, M. (2022). *Industrialisation and its urban impact : Morphological analysis of the pulp and paper industrial landscape in Quebec (1880-1930)*.
203. Nassar, D. M., & Elsayed, H. G. (2018). From Informal Settlements to sustainable communities. *Alexandria Engineering Journal*, 57(4), 2367-2376. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2017.09.004>

204. Nechyba, T. J., & Walsh, R. P. (2004). Urban Sprawl. *Journal of Economic Perspectives*, 18(4), 177-200. <https://doi.org/10.1257/0895330042632681>
205. Nijkamp, P., & Rienstra, S. A. (1996). Sustainable Transport in a Compact City. In M. Jenks & E. Burton (Éds.), *The Compact City: A Sustainable Urban Form?* (p. 190-199). E&F.N. Spon.
206. Noor, N. M., Asmawi, M. Z., & Rusni, N. A. (2014). Measuring urban sprawl on geospatial indices characterized by leap frog development using remote sensing and GIS techniques. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 18, 012174. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/18/1/012174>
207. NUP. (2015). *National Urban Policy 2023*. Ministry of Infrastructure and Development. <https://www.gov.pl/attachment/e8c39de7-a900-4052-b89a-53b0c4af8e75>
208. O'brien, R. M. (2007). A caution regarding rules of thumb for variance inflation factors. *Quality & quantity*, 41, 673-690.
209. Ochocho, A., WORKU, K., & YITNA, E. (2018). DETERMINANTS OF EXPANSION OF SQUATTER SETTLEMENTS: THE CASE OF HOSANNA TOWN, HADIYA ZONE, SOUTHERN ETHIOPIA. *Ethiopian Journal of Environmental Studies & Management*, 11(6), 677-696. <https://ejesm.org/doi/v11i6.3>
210. OECD, G. G. S. (2012). Compact city policies : A comparative assessment. In *OECD Green Growth Studies*. OECD Paris, France.
211. O'Neill, R. V., Krummel, J. R., Gardner, R. e al, Sugihara, G., Jackson, B., DeAngelis, D. L., Milne, B. T., Turner, M. G., Zygmunt, B., & Christensen, S. W. (1988). Indices of landscape pattern. *Landscape ecology*, 1(3), 153-162.
212. Osman, T., Divigalpitiya, P., & Arima, T. (2016). Driving factors of urban sprawl in Giza governorate of the Greater Cairo Metropolitan Region using a logistic regression model. *International Journal of Urban Sciences*, 20(2), 206-225. <https://doi.org/10.1080/12265934.2016.1162728>
213. Overmars, K. d, De Koning, G. H. J., & Veldkamp, A. (2003). Spatial autocorrelation in multi-scale land use models. *Ecological modelling*, 164(2-3), 257-270.

214. Palevičius, V., Burinskienė, M., Antucheviciene, J., & Šaparauskas, J. (2019). Comparative Study of Urban Area Growth : Determining the Key Criteria of Inner Urban Development. *Symmetry*, *11*, 406. <https://doi.org/10.3390/sym11030406>
215. Panuju, D. R., Paull, D. J., & Griffin, A. L. (2020). Change Detection Techniques Based on Multispectral Images for Investigating Land Cover Dynamics. *Remote Sensing*, *12*(11), 1781. <https://doi.org/10.3390/rs12111781>
216. Pařil, V., Ondř\u00e1\u0161ková, B., Krajíčková, A., & Petra, Z. (2021). The cost of suburbanization : Spending on environmental protection. *European Planning Studies*, 1-20.
217. Park, S., Jeon, S., Kim, S., & Choi, C. (2011). Prediction and comparison of urban growth by land suitability index mapping using GIS and RS in South Korea. *Landscape and Urban Planning*, *99*(2), 104-114. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.09.001>
218. Parker, D. C., & Meretsky, V. (2004). Measuring pattern outcomes in an agent-based model of edge-effect externalities using spatial metrics. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, *101*(2-3), 233-250.
219. Peiser, R. (2001). Decomposing urban sprawl. *The Town Planning Review*, 275-298.
220. Peiser, R. B. (1989). Density and urban sprawl. *Land economics*, *65*(3), 193-204.
221. Pendall, R. (1999). Do land-use controls cause sprawl? *Environment and Planning B: Planning and Design*, *26*(4), 555-571.
222. Perveen, S., Kamruzzaman, M., & Yigitcanlar, T. (2017). Developing policy scenarios for sustainable urban growth management : A Delphi approach. *Sustainability*, *9*(10), 1787.
223. Perveen, S., Yigitcanlar, T., Kamruzzaman, Md., & Hayes, J. (2017). Evaluating transport externalities of urban growth : A critical review of scenario-based planning methods. *International Journal of Environmental Science and Technology*, *14*(3), 663-678. <https://doi.org/10.1007/s13762-016-1144-7>
224. Peter, J. D. (1999). Digital Change Detection Techniques : Civilian and Military Application [Z]. *Tayar & Francis Ltd.*

225. Pham, H. M., & Yamaguchi, Y. (2011). Urban growth and change analysis using remote sensing and spatial metrics from 1975 to 2003 for Hanoi, Vietnam. *International Journal of Remote Sensing*, 32(7), 1901-1915.
226. Pierce, G., Lai, L., & DeShazo, J. R. (2019). Identifying and addressing drinking water system sprawl, its consequences, and the opportunity for planners' intervention : Evidence from Los Angeles County. *Journal of Environmental Planning and Management*, 62(12), 2080-2100. <https://doi.org/10.1080/09640568.2018.1530889>
227. Poelmans, L., & Van Rompaey, A. (2010). Complexity and performance of urban expansion models. *Computers, Environment and Urban Systems*, 34(1), 17-27.
228. Polit, A. (2010). Idea miasta zwartego a rzeczywistość. *Czasopismo Techniczne. Architektura*, 107(6-A/1), 85-91.
229. Qiuying, L., Chuanglin, F., Guangdong, L., & Zhoupeng, R. (2015). Quantitative measurement of urban expansion and its driving factors in Qingdao : An empirical analysis based on county unit data. *Journal of Resources and Ecology*, 6(3), 172-179.
230. Qu, S., Hu, S., Li, W., Wang, H., Zhang, C., & Li, Q. (2020). Interaction between urban land expansion and land use policy : An analysis using the DPSIR framework. *Land Use Policy*, 99, 104856. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104856>
231. Radwan, T. M., Blackburn, G. A., Whyatt, J. D., & Atkinson, P. M. (2019). Dramatic Loss of Agricultural Land Due to Urban Expansion Threatens Food Security in the Nile Delta, Egypt. *Remote Sensing*, 11(3), Article 3. <https://doi.org/10.3390/rs11030332>
232. Ramankutty, N., Graumlich, L., Achard, F., Alves, D., Chhabra, A., DeFries, R. S., Foley, J. A., Geist, H., Houghton, R. A., Goldewijk, K. K., Lambin, E. F., Millington, A., Rasmussen, K., Reid, R. S., & Turner, B. L. (2006). Global Land-Cover Change : Recent Progress, Remaining Challenges. In E. F. Lambin & H. Geist (Éds.), *Land-Use and Land-Cover Change : Local Processes and Global Impacts* (p. 9-39). Springer. https://doi.org/10.1007/3-540-32202-7_2
233. Ratner, B. (2009). The correlation coefficient : Its values range between+ 1/- 1, or do they? *Journal of targeting, measurement and analysis for marketing*, 17(2), 139-142.

234. Reilly, M. K., O'Mara, M. P., & Seto, K. C. (2009). From Bangalore to the Bay Area : Comparing transportation and activity accessibility as drivers of urban growth. *Landscape and Urban Planning*, 92(1), 24-33. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2009.02.001>
235. Rejeb Bouzgarrou, A., Claramunt, C., & Rejeb, H. (2019). Visualizing urban sprawl effects of a Tunisian city : A new urban spatial configuration of Monastir. *Annals of GIS*, 25(1), 71-82. <https://doi.org/10.1080/19475683.2018.1557252>
236. Ribeiro, J. M. P., Bocasanta, S. L., Ávila, B. O., Magtoto, M., Jonck, A. V., Gabriel, G. M., & Guerra, J. B. S. O. de A. (2018). The adoption of strategies for sustainable cities : A comparative study between Seattle and Florianopolis legislation for energy and water efficiency in buildings. *Journal of Cleaner Production*, 197, 366-378. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.06.176>
237. Richards, J. A. (2022). *Remote sensing digital image analysis* (Sixth). <http://gen.lib.rus.ec/book/index.php?md5=E7A6211A2F4DBCFD969466E02D9CEE1E>
238. Ridd, M. K. (1995). Exploring a V-I-S (vegetation-impervious surface-soil) model for urban ecosystem analysis through remote sensing : Comparative anatomy for cities†. *International Journal of Remote Sensing*, 16(12), 2165-2185. <https://doi.org/10.1080/01431169508954549>
239. Rifat, S. A. A., & Liu, W. (2019). Quantifying spatiotemporal patterns and major explanatory factors of urban expansion in Miami Metropolitan Area during 1992–2016. *Remote Sensing*, 11(21), 2493.
240. Roca, J., Burns, M. C., & Carreras, J. M. (2004). Monitoring urban sprawl around Barcelona's metropolitan area with the aid of satellite imagery. *XXth ISPRS CONGRESS. Istanbul, Turkey*, 12-23.
241. Rogan, J., & Chen, D. (2004). Remote sensing technology for mapping and monitoring land-cover and land-use change. *Progress in planning*, 61(4), 301-325.
242. Rossi-Hansberg, E. (2004). Optimal urban land use and zoning. *Review of Economic Dynamics*, 7(1), 69-106. [https://doi.org/10.1016/S1094-2025\(03\)00056-5](https://doi.org/10.1016/S1094-2025(03)00056-5)

243. Rubiera–Morollón, F., & Garrido–Yserte, R. (2020). Recent Literature about Urban Sprawl : A Renewed Relevance of the Phenomenon from the Perspective of Environmental Sustainability. *Sustainability*, *12*(16), 6551. <https://doi.org/10.3390/su12166551>
244. Rui, Y. (2013). *Urban growth modeling based on land–use changes and road network expansion* [PhD Thesis]. KTH Royal Institute of Technology.
245. Sajan, B., Mishra, V. N., Kanga, S., Meraj, G., Singh, S. K., & Kumar, P. (2022). Cellular Automata–Based Artificial Neural Network Model for Assessing Past, Present, and Future Land Use/Land Cover Dynamics. *Agronomy*, *12*(11), Article 11. <https://doi.org/10.3390/agronomy12112772>
246. Salem, M., Bose, A., Bashir, B., Basak, D., Roy, S., Chowdhury, I. R., Alsalman, A., & Tsurusaki, N. (2021). Urban Expansion Simulation Based on Various Driving Factors Using a Logistic Regression Model : Delhi as a Case Study. *Sustainability*, *13*(19), 10805.
247. Salem, M., Tsurusaki, N., Divigalpitiya, P., & Osman, T. (2018). *Driving Factors of Urban Expansion in Peri–Urban Areas of Greater Cairo Region*.
248. Saputra, M. H., & Lee, H. S. (2019). Prediction of land use and land cover changes for North Sumatra, Indonesia, using an artificial–neural–network–based cellular automaton. *Sustainability*, *11*(11), 3024.
249. Sarkar, A., & Chouhan, P. (2020). Modeling spatial determinants of urban expansion of Siliguri a metropolitan city of India using logistic regression. *Modeling Earth Systems and Environment*, *6*(4), 2317-2331.
250. Satterthwaite, D. (1997). Sustainable Cities or Cities that Contribute to Sustainable Development? *Urban Studies*, *34*(10), 1667-1691. <https://doi.org/10.1080/0042098975394>
251. Schuster–Olbrich, J. P., Marquet, O., Miralles–Guasch, C., & Fuentes Arce, L. (2024). Spatial patterns and drivers of urban expansion : An exploratory spatial analysis of the Metropolitan Region of Santiago, Chile, from 1997 to 2013. *Cities*, *153*, 105305. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2024.105305>
252. Secretary–General, U., & Development, W. C. on E. and. (1987). *Report of the World Commission on Environment and Development* : <https://digitallibrary.un.org/record/139811>

253. Seevarethnam, M. (2023). *MODELLING THE URBAN GROWTH PATTERN BY INTEGRATING SOCIOECONOMIC FACTORS IN BATTICALOA MUNICIPAL COUNCIL, SRI LANKA*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.15200.46080>
254. Shastri, A. (2021). Built Morphology and the Impact of Planning Policies : Case of Small Towns in Karnataka, India. *International Journal of Environmental Science & Sustainable Development*, 6(1), 01-13.
255. Siedentop, S., & Fina, S. (2012). Who Sprawls Most? Exploring the Patterns of Urban Growth across 26 European Countries. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 44(11), 2765-2784. <https://doi.org/10.1068/a4580>
256. Silva, E., & Wu, N. (2012). Surveying models in urban land studies. *Journal of Planning Literature*, 27(2), 139-152.
257. Singh, A. (1989). Review article digital change detection techniques using remotely-sensed data. *International journal of remote sensing*, 10(6), 989-1003.
258. Solarek, K. (2011). Współczesne koncepcje rozwoju miasta. *Kwartalnik Architektury i Urbanistyki*, 56, 51-71.
259. Su, D. Z. (1998). GIS-based urban modelling : Practices, problems, and prospects. *International Journal of Geographical Information Science*, 12(7), 651-671. <https://doi.org/10.1080/136588198241581>
260. Sudhira, H. S., & Ramachandra, T. V. (2007). Characterising urban sprawl from remote sensing data and using landscape metrics. *Proceedings of 10th international conference on computers in urban planning and urban management*, 11-13.
261. Sudhira, H. S., Ramachandra, T. V., & Jagadish, K. S. (2004). Urban sprawl : Metrics, dynamics and modelling using GIS. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 5(1), 29-39.
262. Swales, J. M. (2004). *Research Genres : Explorations and Applications*. Cambridge University Press.
263. Tahraoui, A., Kheddami, R., & Aissa, A. B. (2023). Sustainable agricultural lands management by analyzing and predicting urban growth—A case study of Mitidja Plain,

Algeria. *Journal of Applied Remote Sensing*, 17(1), 014511.
<https://doi.org/10.1117/1.JRS.17.014511>

264. Tan, M., Li, X., Xie, H., & Lu, C. (2005). Urban land expansion and arable land loss in China—A case study of Beijing–Tianjin–Hebei region. *Land Use Policy*, 22(3), 187-196. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2004.03.003>

265. Tempfli, K., Huurneman, G. C., Bakker, W., Janssen, L. L. F., Feringa, W. F., Gieske, A., Grabmaier, K. A., Hecker, C., Horn, J., Kerle, N., Meer, F. D., Parodi, G., Pohl, C., Reeves, C. V., Ruitenbeek, F. J. A., Schetselaar, E., Weir, M., Westinga, E., & Woldai, T. (2009). *Principles of remote sensing : An introductory textbook*. (p. 56-85).

266. Tewelde, M. G., & Cabral, P. (2011). Urban Sprawl Analysis and Modeling in Asmara, Eritrea. *Remote Sensing*, 3(10), Article 10. <https://doi.org/10.3390/rs3102148>

267. Thakur, P. K., Kumar, M., & Gosavi, V. E. (2020). Monitoring and Modelling of Urban Sprawl Using Geospatial Techniques—A Case Study of Shimla City, India. In S. Sahdev, R. B. Singh, & M. Kumar (Éds.), *Geoecology of Landscape Dynamics* (p. 263-294). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-15-2097-6_17

268. Thapa, R. B., & Murayama, Y. (2010). Drivers of urban growth in the Kathmandu valley, Nepal : Examining the efficacy of the analytic hierarchy process. *Applied Geography*, 30(1), 70-83. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2009.10.002>

269. Thapa, R. B., & Murayama, Y. (2012). Scenario based urban growth allocation in Kathmandu Valley, Nepal. *Landscape and Urban Planning*, 105(1-2), 140-148.

270. Thomas, L., & Cousins, W. (1996). The compact city : A successful, desirable and achievable urban form. *The compact city: A sustainable urban form*, 53-65.

271. Tin, S. N., & Muttitanon, W. (2021). Analysis of Enhanced Built-up and Bare Land Index (EBBI) in the Urban Area of Yangon, Myanmar. *International Journal of Geoinformatics*, 17(4).

272. Tino, P., Benuskova, L., & Sperduti, A. (2015). Artificial neural network models. *Springer Handbook of Computational Intelligence*, 455-471.

273. Torrens, P. M. (2008). A Toolkit for Measuring Sprawl. *Applied Spatial Analysis and Policy*, 1(1), 5-36. <https://doi.org/10.1007/s12061-008-9000-x>
274. Traore, A., & Watanabe, T. (2017). Modeling Determinants of Urban Growth in Conakry, Guinea : A Spatial Logistic Approach. *Urban Science*, 1(2), Article 2. <https://doi.org/10.3390/urbansci1020012>
275. Tridawati, A., Wikantika, K., Susantoro, T. M., Harto, A. B., Darmawan, S., Yayusman, L. F., & Ghazali, M. F. (2020). Mapping the distribution of coffee plantations from multi-resolution, multi-temporal, and multi-sensor data using a random forest algorithm. *Remote Sensing*, 12(23), 3933.
276. United Nations. (2012). *World Urbanization Prospects, the 2011 Revision* [Report]. Department of Economic and Social Affairs. <https://www.un.org/en/development/desa/publications/world-urbanization-prospects-the-2011-revision.html>
277. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, & Population Division. (2019). *World urbanization prospects : The 2018 revision*.
278. Urbieto, P., Fernandez, E., Ramos, L., Martínez, G. M., & Bento, R. (2019). A land-cover based urban dispersion indicator suitable for highly dispersed, discontinuously artificialized territories : The case of continental Portugal. *Land Use Policy*, 85, 92-103.
279. Uuemaa, E., Antrop, M., Roosaare, J., Marja, R., & Mander, U. (2009). Landscape Metrics and Indices : An Overview of Their Use in Landscape Research. *Living Reviews in Landscape Research*, 3. <https://doi.org/10.12942/lrlr-2009-1>
280. Vani, V., & Mandla, V. R. (2017). Comparative study of NDVI and SAVI vegetation indices in Anantapur district semi-arid areas. *Int. J. Civ. Eng. Technol*, 8(4), 559-566.
281. Verburg, P. H., de Nijs, T. C., van Eck, J. R., Visser, H., & de Jong, K. (2004). A method to analyse neighbourhood characteristics of land use patterns. *Computers, Environment and Urban Systems*, 28(6), 667-690.
282. Verburg, P. H., Kok, K., Pontius, R. G., & Veldkamp, A. (2006). Modeling Land-Use and Land-Cover Change. In E. F. Lambin & H. Geist (Éds.), *Land-Use and Land-*

Cover Change: Local Processes and Global Impacts (p. 117-135). Springer.
https://doi.org/10.1007/3-540-32202-7_5

283. VERBURG, P. H., SOEPBOER, W., VELDKAMP, A., LIMPIADA, R., ESPALDON, V., & MASTURA, S. S. A. (2002). Modeling the Spatial Dynamics of Regional Land Use : The CLUE-S Model. *Environmental Management*, 30(3), 391-405.
<https://doi.org/10.1007/s00267-002-2630-x>

284. Wan, H., Yoon, J., Srikrishnan, V., Daniel, B., & Judi, D. (2023). Landscape metrics regularly outperform other traditionally-used ancillary datasets in dasymetric mapping of population. *Computers, Environment and Urban Systems*, 99, 101899.
<https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2022.101899>

285. Wassmer, R. W. (2002). Fiscalisation of Land Use, Urban Growth Boundaries and Non-central Retail Sprawl in the Western United States. *Urban Studies*, 39(8), 1307-1327.
<https://doi.org/10.1080/00420980220142655>

286. Weng, Q. (2012). Remote sensing of impervious surfaces in the urban areas : Requirements, methods, and trends. *Remote Sensing of Environment*, 117, 34-49.
<https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.02.030>

287. White, M. J., & Lindstrom, D. P. (2005). Internal migration. In *Handbook of population* (p. 311-346). Springer.

288. White, R., & Engelen, G. (1993). Cellular automata and fractal urban form : A cellular modelling approach to the evolution of urban land-use patterns. *Environment and planning A*, 25(8), 1175-1199.

289. Wilson, A. G. (1998). Land-use/transport interaction models : Past and future. *Journal of transport economics and policy*, 3-26.

290. Wilson, E. H., Hurd, J. D., Civco, D. L., Prisloe, M. P., & Arnold, C. (2003). Development of a geospatial model to quantify, describe and map urban growth. *Remote sensing of environment*, 86(3), 275-285.

291. *World Urbanization Prospects—Population Division—United Nations*. (s. d.). Consulté 16 janvier 2022, à l'adresse <https://population.un.org/wup/Publications/>

292. Wu, F. (1998). Simulating urban encroachment on rural land with fuzzy–logic–controlled cellular automata in a geographical information system. *Journal of Environmental Management*, 53(4), 293-308.
293. Wu, F. (2001). China’s recent urban development in the process of land and housing marketisation and economic globalisation. *Habitat International*, 25(3), 273-289. [https://doi.org/10.1016/S0197-3975\(00\)00034-5](https://doi.org/10.1016/S0197-3975(00)00034-5)
294. Wu, F., & Webster, C. J. (1998). Simulation of Land Development through the Integration of Cellular Automata and Multicriteria Evaluation. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 25(1), 103-126. <https://doi.org/10.1068/b250103>
295. Wu, R., Li, Z., & Wang, S. (2021). The varying driving forces of urban land expansion in China : Insights from a spatial–temporal analysis. *Science of The Total Environment*, 766, 142591.
296. Wu, W., Zhao, S., & Henebry, G. M. (2018). Drivers of urban expansion over the past three decades : A comparative study of Beijing, Tianjin, and Shijiazhuang. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191(1), 34. <https://doi.org/10.1007/s10661-018-7151-z>
297. Wu, W., Zhao, S., & Henebry, G. M. (2019a). Drivers of urban expansion over the past three decades : A comparative study of Beijing, Tianjin, and Shijiazhuang. *Environmental monitoring and assessment*, 191(1), 1-15.
298. Wu, W., Zhao, S., & Henebry, G. M. (2019b). Drivers of urban expansion over the past three decades : A comparative study of Beijing, Tianjin, and Shijiazhuang. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191(1), 34. <https://doi.org/10.1007/s10661-018-7151-z>
299. Xiang, W.–N., & Clarke, K. C. (2003). The Use of Scenarios in Land–Use Planning. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 30(6), 885-909. <https://doi.org/10.1068/b2945>
300. Xu, H. (2006). Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. *International journal of remote sensing*, 27(14), 3025-3033.

301. Xu, H. (2007). Extraction of urban built-up land features from Landsat imagery using a thematic-oriented index combination technique. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 73(12), 1381-1391.
302. Xu, H. (2008). A new index for delineating built-up land features in satellite imagery. *International journal of remote sensing*, 29(14), 4269-4276.
303. Xu, Q., Zheng, X., & Zhang, C. (2018a). Quantitative Analysis of the Determinants Influencing Urban Expansion : A Case Study in Beijing, China. *Sustainability*, 10(5), Article 5. <https://doi.org/10.3390/su10051630>
304. Xu, Q., Zheng, X., & Zhang, C. (2018b). Quantitative analysis of the determinants influencing urban expansion : A case study in Beijing, China. *Sustainability*, 10(5), 1630.
305. Xu, T., Gao, J., & Coco, G. (2019). Simulation of urban expansion via integrating artificial neural network with Markov chain-cellular automata. *International Journal of Geographical Information Science*, 33(10), 1960-1983.
306. Yamani, L., & Trache, S. M. (2020). Contournement des instruments d'urbanisme dans l'urbanisation de l'agglomération mostaganémoise (Algérie). *Cybergeo: European Journal of Geography*. <https://doi.org/10.4000/cybergeo.34731>
307. Yang, J., Su, J., Chen, F., Xie, P., & Ge, Q. (2016). A Local Land Use Competition Cellular Automata Model and Its Application. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 5(7), Article 7. <https://doi.org/10.3390/ijgi5070106>
308. Yu, Z., Chen, L., Li, L., Zhang, T., Yuan, L., Liu, R., Wang, Z., Zang, J., & Shi, S. (2021). Spatiotemporal characterization of the urban expansion patterns in the Yangtze River Delta region. *Remote Sensing*, 13(21), 4484.
309. Yuan, F., Sawaya, K. E., Loeffelholz, B. C., & Bauer, M. E. (2005). Land cover classification and change analysis of the Twin Cities (Minnesota) Metropolitan Area by multitemporal Landsat remote sensing. *Remote Sensing of Environment*, 98(2-3), 317-328. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2005.08.006>
310. Yudhistira, M. H., Indriyani, W., Pratama, A. P., Sofiyandi, Y., & Kurniawan, Y. R. (2019). Transportation network and changes in urban structure : Evidence from the

Jakarta Metropolitan Area. *Research in Transportation Economics*, 74, 52-63. <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2018.12.003>

311. Zhang, D. (2019). *Game/landscape/us*.

312. Zhang, J., Yu, T., Li, L., Zhang, D., Zhao, G., & Wen, H. (2020). Marketization allocation, land price, and local government land speculation, China. *International Journal of Strategic Property Management*, 24(5), Article 5. <https://doi.org/10.3846/ijspm.2020.13128>

313. Zhang, L., Wei, Y. D., & Meng, R. (2017). Spatiotemporal dynamics and spatial determinants of urban growth in Suzhou, China. *Sustainability*, 9(3), 393.

314. Zhang, Q., & Su, S. (2016). Determinants of urban expansion and their relative importance : A comparative analysis of 30 major metropolitans in China. *Habitat International*, 58, 89-107. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2016.10.003>

315. Zhang, Z., Liu, Y., Sheng, S., Liu, X., & Xue, Q. (2024). Evolving Urban Expansion Patterns and Multi-Scenario Simulation Analysis from a Composite Perspective of “Social-Economic-Ecological”: A Case Study of the Hilly and Gully Regions of Northern Loess Plateau in Shaanxi Province. *Sustainability*, 16(7), Article 7. <https://doi.org/10.3390/su16072753>

316. Zhang, Z., Su, S., Xiao, R., Jiang, D., & Wu, J. (2013a). Identifying determinants of urban growth from a multi-scale perspective : A case study of the urban agglomeration around Hangzhou Bay, China. *Applied Geography*, 45, 193-202. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2013.09.013>

317. Zhang, Z., Su, S., Xiao, R., Jiang, D., & Wu, J. (2013b). Identifying determinants of urban growth from a multi-scale perspective : A case study of the urban agglomeration around Hangzhou Bay, China. *Applied Geography*, 45, 193-202. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2013.09.013>

318. Zhao, P. (2010). Sustainable urban expansion and transportation in a growing megacity : Consequences of urban sprawl for mobility on the urban fringe of Beijing. *Habitat International*, 34(2), 236-243. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2009.09.008>

319. Zhong, S., Wang, M., Zhu, Y., Chen, Z., & Huang, X. (2022). Urban expansion and the urban–rural income gap : Empirical evidence from China. *Cities*, 129, 103831. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2022.103831>
320. Zhou, B., & Yu, L. (2011). *The Compact City Form : Case Study of Shenzhen*.
321. Zhou, L., Dang, X., Sun, Q., & Wang, S. (2020). Multi-scenario simulation of urban land change in Shanghai by random forest and CA–Markov model. *Sustainable Cities and Society*, 55, 102045. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102045>
322. Zineddine, O., & Boulkaibet, A. (2023). *QUANTIFYING URBAN EXPANSION AND ITS DRIVING FORCES IN THE CITY OF MILA*. 67, 217-239.

✓ المصادر باللغة العربية:

1. بوشلوش, ع. ا. (2017). العقار الحضري و إنعكاساته على التركيبة الحضرية و استخدامات الأرض في مدينة ميله. *مجلة التعمير والبناء*, 1(3), 312-330.
2. تريكي, ح. (2018). ظاهرة النمو الحضري في الجزائر : دراسة سوسولوجية تحليلية. *The phenomenon of urban growth in Algeria: Sociological Analytical Study*. 10(1), 124-140.
3. تملكشت, ه. (2011). مدينة ميله في العصر الوسيط من خلال الشواهد الأثرية. *Revue d'études archéologiques*, 9(1), 62-87.
4. حربوش, ب. (2017). النمو الحضري بالجزائر ورهان التنمية الحضرية المستدامة. أي سياسة للمدينة؟. *مجلة الآداب و العلوم الإجتماعية*, 14(1), 193-209.
5. فيلاي, ع. (1993). مدينة ميله : التطور التاريخي في العصر الإسلامي الوسيط. *Revue Des Sciences Humaines*, 4(1), 61-95.
6. مخلوف, ب. (2023). المقاربة الكمية والكيفية في العلوم الاجتماعية والانسانية. *Revue de Recherches et Etudes Scientifiques*, 17(1), 1337-1351.

قائمة الملاحق

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة العربي بن مهيدي أم البواقي

معهد تسيير التقنيات الحضرية

الموضوع:

مقابلة ميدانية للفاعلين في مجال العمران ضمن إطار

الأطروحة المعنونة بـ:

محددات التوسع العمراني والخيارات البديلة حالة مدينة ميله

دراسة ميدانية لمدينة ميله

لنيل شهادة دكتوراه الطور الثالث LMD في تسيير التقنيات الحضرية

تخصص: تسيير مدن

إشراف الأستاذ:

بولكعيبات عيسى

من إعداد الطالب:

عمرو عياش زين الدين

المعلومات المذكورة في هذه المقابلة سرية ولا تستخدم الا في إطار البحث العلمي

السنة الجامعية

2024/2023

مدينة ميله

رقم المقابلة:.....

المديرية/ مكتب الدراسات:

أنا طالب دكتوراه في جامعة العربي بن مهدي أم البواقي. أجري بحثاً حول «محددات التوسع العمراني والخيارات البديلة حالة مدينة ميله». تم تصميم نص هذه المقابلة للحصول على معلومات فيما يخص التوزيع المجالي للتوسع العمراني لمدينة ميله في الفترة بين 1987 و 2020 وتبيان قوة التأثير واتجاه العلاقة بينه وبين مختلف العوامل الطبيعية، السوسيو اقتصادية وعوامل السياسة العمرانية. إضافة إلى تقييم الخيارات البديلة للتوسع المستقبلي للمدينة.

مجموع المعلومات التي يتم تقديمها حول هذا الموضوع ستستخدم للأغراض الأكاديمية فقط وستتم معالجتها بسرية. ستكون مساعدتك الصريحة موضع تقدير كبير لوضع علامة (X) أو ملئها حسب مقتضى السؤال. تستغرق هذا المقابلة حوالي 15 دقيقة كحد أقصى/ نشكركم على تفهمكم ومنحنا من وقتكم الثمين.

السؤال الأول: هل التوسع العمراني لمدينة ميله زاحف (sprawl) أو مرصوص (compact) مع ذكر السبب الرئيسي واتجاهات التوسع؟

2020-2008	2008-1998	1998-1987	نوع التوسع
			مرصوص
			زاحف

السبب الرئيسي:

.....

السؤال الثاني: هل يوفر لنا قياس وتيرة، شدة وشكل التوسع العمراني وتحديد أنماطه في كل مرحلة زمنية القاعدة المعرفية لفهم واقع التوسع العمراني لمدينة ميله وتفسير توزيعه المجالي؟

نعم لا

السؤال الثالث: هل تأثر التوسع العمراني لمدينة ميلة بمختلف العوامل الطبيعية، السوسيو اقتصادية والسياسات العمرانية؟

نعم لا

في حالة الإجابة بنعم هل تغيرت قوة التأثير مع مرور الزمن؟

نعم لا

السؤال الرابع: من خلال خبرتكم هل يمكن ترتيب العوامل التالية حسب تأثيرها على التوسع العمراني للمدينة؟

2020-2008	2008-1998	1987-1998	العوامل
			الانحدار
			الارتفاع
			المسافة إلى الشعب
			المسافة إلى النسيج العمراني
			المسافة إلى الطرق
			المسافة إلى خطوط النقل
			المسافة إلى مركز المدينة
			المسافة إلى التجهيزات
			كثافة السكان
			التعمير المخطط
			التعمير غير مخطط (فوضوي)
			طبيعة الملكية العقارية (دولة)
			طبيعة الملكية العقارية (خواص)

السؤال الخامس: هل السيناريو الحالي لتوسع المدينة يعتبر ملائما لتوسعها المستقبلي؟

نعم لا

لماذا:.....
.....

السؤال السادس: هل سيناريو التوسع المستقبلي المبرمج من قبل المخطط التوجيهي للتهيئة والتعمير الحالي في اتجاه الجهة الغربية (الجامعة) والجهة الجنوبية الشرقية (مارشو) يعتبر البديل الأمثل لتحقيق التوازن بين المتطلبات السوسيو اقتصادية للسكان وحماية البيئة والسكان من الأخطار؟

نعم لا

لماذا:

.....
.....

السؤال السابع: هل يمكن لتطبيقات نظم المعلومات الجغرافية ونماذج التوسع العمراني اقتراح سيناريو متوازن بين تلبية متطلبات السكان وتحقيق التنمية المستدامة؟

نعم لا

الملحق رقم 2

نتائج نموذج الانحدار اللوجستي باستعمال برنامج terrset ومعطيات حساب منحنى ROC

الفترة بين 1987 و 1998

Logistic Regression Results

(Created: 17 déc. 2023 9:51:50 PM)

Regression Equation:

$$\text{logit}(\text{lcm_Train_nn ur to urban}) = -1.2709 - 0.3839*\text{cntr_b1} + 0.4290*\text{dens98_b1} + 0.4726*\text{elev_b1} - 0.0044*\text{oued_b1} - 0.8831*\text{road98_b1} - 0.3193*\text{slope_b1} - 0.3519*\text{transp98_b1} + 0.3910*\text{core87_b1}$$

Individual Regression Coefficient:

Intercept/Variables	Coefficient
Intercept	-1.2709
cntr_b1	-0.3839
dens98_b1	0.4290
elev_b1	0.4726
oued_b1	-0.0044
road98_b1	-0.8831
slope_b1	-0.3193
transp98_b1	-0.3519
core87_b1	0.3910

Regression Statistics:

Number of total observations	140138
Number of 0s in study area	136832
Number of 1s in study area	3306
Percentage of 0s in study area	97.6409
Percentage of 1s in study area	2.3591
Number of auto-sampled observations	13339
Number of 0s in sampled area	13015
Number of 1s in sampled area	324
Percentage of 0s in sampled area	97.5710
Percentage of 1s in sampled area	2.4290
-2logL0	3049.1377
-2log(likelihood)	1431.5268
Goodness of fit	24396.0969

Pseudo R ²	0.5305
Chi-square (<i>df</i> =8)	1617.6109

Means and Standard Deviations:

Variables	Mean	Standard deviation
cntr_b1	8.1068	2.3332
dens98_b1	1.1622	0.7006
elev_b1	4.6573	2.4137
oued_b1	3.1718	2.2461
road98_b1	6.2081	2.6851
slope_b1	2.0826	0.8692
transp98_b1	8.2005	2.8976
core87_b1	7.2046	3.0329
lcm_Train_nn ur_to_urban	0.0243	0.1540

Classification of Sample Cases & Odds Ratio:

Observed	Fitted-0	Fitted-1	Percent correct
0	12955	60	99.5390
1	209	115	35.4938

Odds ratio = 118.8058

Reclassification of Sample Cases & ROC (sample-based computation when applicable):

1) Select a new threshold value such that, after reclassification, the number of fitted 1s matches the number of observed 1s in the dependent variable.

New cutting threshold = 0.3127

Classification of Sample Cases & Odds Ratio by Using the New Threshold:

Observed	Fitted-0	Fitted-1	Percent correct
0	12862	153	98.8244
1	153	171	52.7778

Adjusted odds ratio = 93.9554, true positive = 89.06%, false positive = 1.18%

2) ROC* result with 100 thresholds (sample-based computation when applicable):

ROC = 0.9709

* ROC = 1 indicates a perfect fit; and ROC = 0.5 indicates a random fit.

Result of ROC**

AUC = 0.844066

The following section lists detailed statistics for each threshold.

With each threshold, the following 2x2 contingency table is calculated:

	Reality	(reference image)
Simulated by threshold	1	0
1	A (number of cells)	B (number of cells)
0	C (number of cells)	D (number of cells)
For the given reference image:	A+C=137028	B+D=6612

No.	Exp. Thrhlds(%)	Act. Thrhlds(%)	Act. raw cuts	A	True posi.(%)	B	False posi.(%)
1	0	0	0	0	0	0	0
2	1	1.0004	0.3435	1437	1.0487	0	0
3	2	2.0001	0.1933	2873	2.0967	0	0
4	3	3.0006	0.1321	4310	3.1453	0	0
5	4	4.0010	0.0991	5747	4.1940	0	0
6	5	5	0.0740	7182	5.2413	0	0
7	6	6.0004	0.0564	8619	6.2900	0	0
8	7	7.0008	0.0461	10056	7.3386	0	0
9	8	8.0006	0.0376	11492	8.3866	0	0
10	9	9.0010	0.0312	12929	9.4353	0	0
11	10	10.0007	0.0258	14365	10.4833	0	0
12	11	11.0004	0.0222	15801	11.5312	0	0
13	12	12.0008	0.0180	17238	12.5799	0	0
14	13	12.9999	0.0152	18673	13.6271	0	0
15	14	14.0010	0.0126	20111	14.6766	0	0
16	15	15.0007	0.0102	21547	15.7245	0	0
17	16	16.0004	0.0088	22983	16.7725	0	0

قائمة الملاحق

18	17	17.0008	0.0073	24420	17.8212	0	0
19	18	17.9999	0.0062	25855	18.8684	0	0
20	19	19.0010	0.0051	27293	19.9178	0	0
21	20	20.0007	0.0042	28729	20.9658	0	0
22	21	21.0004	0.0036	30165	22.0137	0	0
23	22	22.0008	0.0029	31602	23.0624	0	0
24	23	23.0006	0.0024	33038	24.1104	0	0
25	24	24.0010	0.0020	34475	25.1591	0	0
26	25	25.0007	0.0016	35911	26.2071	0	0
27	26	26.0004	0.0013	37347	27.2550	0	0
28	27	27.0008	0.0010	38784	28.3037	0	0
29	28	28.0006	0.0009	40220	29.3517	0	0
30	29	29.0010	0.0008	41657	30.4004	0	0
31	30	30.0007	0.0007	43093	31.4483	0	0
32	31	31.0004	0.0007	44529	32.4963	0	0
33	32	32.0001	0.0006	45965	33.5442	0	0
34	33	33.0006	0.0005	47402	34.5929	0	0
35	34	34.0010	0.0004	48839	35.6416	0	0
36	35	35.0007	0.0004	50275	36.6896	0	0
37	36	36.0004	0.0004	51711	37.7375	0	0
38	37	37.0008	0.0003	53148	38.7862	0	0
39	38	38.0006	0.0003	54584	39.8342	0	0
40	39	39.0010	0.0003	56021	40.8829	0	0
41	40	40.0007	0.0003	57457	41.9308	0	0
42	41	40.9997	0.0002	58892	42.9781	0	0
43	42	42.0008	0.0002	60330	44.0275	0	0
44	43	43.0006	0.0002	61766	45.0755	0	0
45	44	44.0010	0.0002	63203	46.1241	0	0
46	45	45.0007	0.0002	64639	47.1721	0	0
47	46	46.0004	0.0002	66075	48.2201	0	0
48	47	47.0008	0.0002	67512	49.2688	0	0
49	48	48.0006	0.0001	68948	50.3167	0	0
50	49	49.0010	0.0001	70385	51.3654	0	0
51	50	50.0007	0.0001	71821	52.4134	0	0
52	51	51.0004	0.0001	73257	53.4613	0	0
53	52	52.0008	0.0001	74694	54.5100	0	0
54	53	53.0006	0.0001	76130	55.5580	0	0
55	54	54.0010	0.0001	77567	56.6067	0	0

قائمة الملاحق

56	55	55.0007	0.0001	79003	57.6546	0	0
57	56	56.0004	0.0001	80439	58.7026	0	0
58	57	57.0008	0.0001	81876	59.7513	0	0
59	58	58.0006	0.0001	83312	60.7993	0	0
60	59	59.0010	0.0001	84749	61.8479	0	0
61	60	60.0007	0.0001	86185	62.8959	0	0
62	61	61.0004	0.0001	87621	63.9439	0	0
63	62	62.0008	0.0001	89058	64.9926	0	0
64	63	63.0006	0.0001	90494	66.0405	0	0
65	64	64.0003	0.0000	91930	67.0885	0	0
66	65	65.0007	0	92984	67.8577	383	5.7925
67	66	66.0004	0	94410	68.8983	393	5.9437
68	67	67.0008	0	95835	69.9383	405	6.1252
69	68	68.0006	0	97261	70.9789	415	6.2765
70	69	69.0010	0	98684	72.0174	429	6.4882
71	70	70.0007	0	100104	73.0537	445	6.7302
72	71	71.0004	0	101526	74.0914	459	6.9419
73	72	72.0008	0	102947	75.1284	475	7.1839
74	73	73.0006	0	104364	76.1625	494	7.4713
75	74	74.0010	0	105772	77.1901	523	7.9099
76	75	75.0007	0	107164	78.2059	567	8.5753
77	76	76.0004	0	108523	79.1977	644	9.7399
78	77	77.0008	0	109793	80.1245	811	12.2656
79	78	78.0006	0	111041	81.0353	999	15.1089
80	79	79.0010	0	112172	81.8606	1305	19.7368
81	80	80.0007	0	113113	82.5474	1800	27.2232
82	81	81.0004	0	113990	83.1874	2359	35.6776
83	82	82.0008	0	114918	83.8646	2868	43.3757
84	83	83.0006	0	115896	84.5783	3326	50.3025
85	84	84.0010	0	116919	85.3249	3740	56.5638
86	85	85.0007	0	117935	86.0664	4160	62.9159
87	86	86.0004	0	119029	86.8647	4502	68.0883
88	87	87.0008	0	120036	87.5996	4932	74.5917
89	88	88.0006	0	121076	88.3586	5328	80.5808
90	89	89.0010	0	122182	89.1657	5659	85.5868
91	90	90.0007	0	123317	89.9940	5960	90.1391
92	91	91.0004	0	124575	90.9121	6138	92.8312
93	92	92.0008	0	125940	91.9082	6210	93.9201

قائمة الملاحق

94	93	93.0006	0	127353	92.9394	6233	94.2680
95	94	94.0010	0	128769	93.9728	6254	94.5856
96	95	95.0007	0	130180	95.0025	6279	94.9637
97	96	96.0004	0	131591	96.0322	6304	95.3418
98	97	97.0008	0	132973	97.0407	6359	96.1736
99	98	98.0006	0	134239	97.9647	6529	98.7447
100	99	99.0010	0	135618	98.9710	6587	99.6219
101	100	100	0	137028	100	6612	100

الفترة بين 1998 و2008

Logistic Regression Results

(Created: 18 déc. 2023 9:50:24 PM)

Regression Equation:

$$\text{logit}(\text{lcm_Train_nn ur_to_urban}) = -0.5432 + 0.3087*\text{dens98_b1} + 0.5642*\text{elev_b1} - 0.1102*\text{oued_b1} - 0.2729*\text{slope_b1} - 0.7105*\text{road98_b1} + 0.0310*\text{core98_b1} - 0.5800*\text{cntr_b1} + 0.3595*\text{equip98_b1} - 0.4889*\text{transp08_b1}$$

Individual Regression Coefficient:

Intercept/Variables	Coefficient
Intercept	-0.5432
dens98_b1	0.3087
elev_b1	0.5642
oued_b1	-0.1102
slope_b1	-0.2729
road98_b1	-0.7105
core98_b1	0.0310
cntr_b1	-0.5800
equip98_b1	0.3595
transp08_b1	-0.4889

Regression Statistics:

Number of total observations	137028
Number of 0s in study area	134634
Number of 1s in study area	2394

Percentage of 0s in study area	98.2529
Percentage of 1s in study area	1.7471
Number of auto-sampled observations	28128
Number of 0s in sampled area	27636
Number of 1s in sampled area	492
Percentage of 0s in sampled area	98.2509
Percentage of 1s in sampled area	1.7491
-2logL0	4956.6490
-2log(likelihood)	2334.5739
Goodness of fit	26976.2922
Pseudo R ²	0.5290
Chi-square (<i>df</i> =9)	2622.0751

Means and Standard Deviations:

Variables	Mean	Standard deviation
dens98_b1	1.1073	0.5144
elev_b1	4.6586	2.4228
oued_b1	3.1912	2.2562
slope_b1	2.0856	0.8616
road98_b1	6.3086	2.6080
core98_b1	7.8199	3.0809
cntr_b1	8.2036	2.2383
equip98_b1	7.8006	2.2460
transp08_b1	8.7288	2.5476
lcm_Train_nn ur_to_urban	0.0175	0.1311

Classification of Sample Cases & Odds Ratio:

Observed	Fitted-0	Fitted-1	Percent correct
0	27555	81	99.7069
1	398	94	19.1057

Odds ratio = 80.3452

Reclassification of Sample Cases & ROC (sample-based computation when applicable):

1) Select a new threshold value such that, after reclassification, the number of fitted 1s matches the number of observed 1s in the dependent variable.

New cutting threshold = 0.3166

Classification of Sample Cases & Odds Ratio by Using the New Threshold:

Observed	Fitted-0	Fitted-1	Percent correct
0	27373	263	99.0483

1	262	230	46.7480
---	-----	-----	---------

Adjusted odds ratio = 91.3678, true positive = 91.63%, false positive = 0.95%

2) ROC* result with 100 thresholds (sample-based computation when applicable):

ROC = 0.9773

* ROC = 1 indicates a perfect fit; and ROC = 0.5 indicates a random fit.

Result of ROC**

AUC = 0.761460

The following section lists detailed statistics for each threshold.

With each threshold, the following 2x2 contingency table is calculated:

	Reality (reference image)	
Simulated by threshold	1	0
1	A (number of cells)	B (number of cells)
0	C (number of cells)	D (number of cells)
For the given reference image:	A+C=136381	B+D=7259

No.	Exp. Thrhlds(%)	Act. Thrhlds(%)	Act. raw cuts	A	True posi.(%)	B	False posi.(%)
1	0	0	0	0	0	0	0
2	1	1.0004	0.2811	1437	1.0537	0	0
3	2	2.0008	0.1677	2871	2.1051	3	0.0413
4	3	2.9999	0.1096	4302	3.1544	7	0.0964
5	4	4.0010	0.0774	5737	4.2066	10	0.1378
6	5	5	0.0535	7167	5.2551	15	0.2066
7	6	6.0004	0.0380	8601	6.3066	18	0.2480
8	7	7.0001	0.0278	10030	7.3544	25	0.3444
9	8	8.0006	0.0203	11455	8.3993	37	0.5097
10	9	9.0010	0.0158	12882	9.4456	47	0.6475
11	10	10.0007	0.0118	14316	10.4971	49	0.6750
12	11	11.0004	0.0092	15746	11.5456	55	0.7577

قائمة الملاحق

13	12	12.0001	0.0072	17181	12.5978	56	0.7715
14	13	13.0006	0.0056	18617	13.6507	57	0.7852
15	14	14.0003	0.0046	20053	14.7037	57	0.7852
16	15	15.0007	0.0038	21490	15.7573	57	0.7852
17	16	15.9997	0.0030	22925	16.8095	57	0.7852
18	17	17.0008	0.0024	24363	17.8639	57	0.7852
19	18	18.0006	0.0020	25798	18.9161	58	0.7990
20	19	19.0010	0.0016	27235	19.9698	58	0.7990
21	20	20.0007	0.0013	28671	21.0227	58	0.7990
22	21	21.0004	0.0011	30107	22.0757	58	0.7990
23	22	22.0008	0.0009	31544	23.1293	58	0.7990
24	23	23.0006	0.0007	32980	24.1823	58	0.7990
25	24	24.0010	0.0006	34417	25.2359	58	0.7990
26	25	25.0007	0.0005	35853	26.2889	58	0.7990
27	26	26.0004	0.0004	37289	27.3418	58	0.7990
28	27	27.0001	0.0003	38725	28.3947	58	0.7990
29	28	28.0006	0.0003	40162	29.4484	58	0.7990
30	29	29.0010	0.0003	41599	30.5020	58	0.7990
31	30	30.0007	0.0002	43034	31.5542	59	0.8128
32	31	31.0004	0.0002	44470	32.6072	59	0.8128
33	32	32.0008	0.0002	45907	33.6608	59	0.8128
34	33	33.0006	0.0002	47343	34.7138	59	0.8128
35	34	34.0003	0.0002	48779	35.7667	59	0.8128
36	35	35.0007	0.0001	50216	36.8204	59	0.8128
37	36	36.0004	0.0001	51652	37.8733	59	0.8128
38	37	37.0008	0.0001	53089	38.9270	59	0.8128
39	38	38.0006	0.0001	54525	39.9799	59	0.8128
40	39	39.0010	0.0001	55962	41.0336	59	0.8128
41	40	40.0007	0.0001	57398	42.0865	59	0.8128
42	41	41.0004	0.0001	58834	43.1394	59	0.8128
43	42	42.0008	0.0001	60271	44.1931	59	0.8128
44	43	43.0006	0.0001	61707	45.2460	59	0.8128
45	44	44.0010	0.0001	63144	46.2997	59	0.8128
46	45	45.0007	0.0001	64580	47.3526	59	0.8128
47	46	46.0004	0.0001	66016	48.4056	59	0.8128
48	47	47.0008	0.0001	67453	49.4592	59	0.8128
49	48	48.0006	0.0001	68889	50.5122	59	0.8128
50	49	49.0010	0.0000	70326	51.5658	59	0.8128
51	50	50.0007	0.0000	71762	52.6188	59	0.8128
52	51	51.0004	0	73198	53.6717	59	0.8128

قائمة الملاحق

53	52	52.0008	0	74635	54.7254	59	0.8128
54	53	53.0006	0	76071	55.7783	59	0.8128
55	54	54.0010	0	77508	56.8320	59	0.8128
56	55	55.0007	0	78944	57.8849	59	0.8128
57	56	56.0004	0	80380	58.9378	59	0.8128
58	57	57.0008	0	81817	59.9915	59	0.8128
59	58	58.0006	0	83253	61.0444	59	0.8128
60	59	59.0010	0	84690	62.0981	59	0.8128
61	60	60.0007	0	86126	63.1510	59	0.8128
62	61	61.0004	0	87562	64.2040	59	0.8128
63	62	62.0008	0	88999	65.2576	59	0.8128
64	63	63.0006	0	90433	66.3091	61	0.8403
65	64	64.0010	0	91862	67.3569	69	0.9505
66	65	65.0007	0	93272	68.3908	95	1.3087
67	66	66.0004	0	94601	69.3652	202	2.7828
68	67	67.0008	0	95854	70.2840	386	5.3175
69	68	68.0006	0	97092	71.1917	584	8.0452
70	69	69.0010	0	98245	72.0372	868	11.9576
71	70	70.0007	0	99207	72.7425	1342	18.4874
72	71	71.0004	0	100094	73.3929	1891	26.0504
73	72	72.0008	0	101024	74.0748	2398	33.0349
74	73	73.0006	0	102031	74.8132	2827	38.9448
75	74	74.0010	0	103096	75.5941	3199	44.0694
76	75	75.0007	0	104160	76.3743	3571	49.1941
77	76	76.0004	0	105197	77.1346	3970	54.6907
78	77	77.0008	0	106258	77.9126	4346	59.8705
79	78	78.0006	0	107241	78.6334	4799	66.1110
80	79	79.0010	0	108297	79.4077	5180	71.3597
81	80	80.0007	0	109251	80.1072	5662	77.9997
82	81	81.0004	0	110318	80.8896	6031	83.0831
83	82	82.0008	0	111385	81.6719	6401	88.1802
84	83	83.0006	0	112520	82.5042	6702	92.3268
85	84	84.0010	0	113635	83.3217	7024	96.7626
86	85	85.0007	0	114920	84.2639	7175	98.8428
87	86	86.0004	0	116346	85.3095	7185	98.9806
88	87	87.0008	0	117782	86.3625	7186	98.9944
89	88	88.0006	0	119218	87.4154	7186	98.9944
90	89	89.0010	0	120655	88.4691	7186	98.9944
91	90	90.0007	0	122091	89.5220	7186	98.9944
92	91	91.0004	0	123523	90.5720	7190	99.0495

93	92	92.0008	0	124946	91.6154	7204	99.2423
94	93	93.0006	0	126363	92.6544	7223	99.5041
95	94	94.0010	0	127773	93.6883	7250	99.8760
96	95	95.0007	0	129201	94.7353	7258	99.9862
97	96	96.0004	0	130636	95.7875	7259	100
98	97	97.0008	0	132073	96.8412	7259	100
99	98	98.0006	0	133509	97.8941	7259	100
100	99	99.0010	0	134946	98.9478	7259	100
101	100	100	0	136381	100	7259	100

الفترة بين 2008 و2020

Logistic Regression Results

(Created: 19 déc. 2023 9:17:33 PM)

Regression Equation:

$$\text{logit}(\text{lcm20_Train_nn ur_to_urban}) = -0.0362 + 0.1766*\text{cntr_b1} - 0.3260*\text{core08_b1} + 0.3701*\text{dens08_b1} + 0.1662*\text{elev_b1} - 0.1195*\text{equip08_b1} - 0.3566*\text{roads08_b1} - 0.3664*\text{slope_b1} - 0.3382*\text{transp08_b1} - 0.1332*\text{oued_b1}$$

Individual Regression Coefficient:

Intercept/Variables	Coefficient
Intercept	-0.0362
cntr_b1	0.1766
core08_b1	-0.3260
dens08_b1	0.3701
elev_b1	0.1662
equip08_b1	-0.1195
roads08_b1	-0.3566
slope_b1	-0.3664
transp08_b1	-0.3382
oued_b1	-0.1332

Regression Statistics:

Number of total observations	135258
Number of 0s in study area	130528
Number of 1s in study area	4730
Percentage of 0s in study area	96.5030
Percentage of 1s in study area	3.4970
Number of auto-sampled observations	12931
Number of 0s in sampled area	12490
Number of 1s in sampled area	441
Percentage of 0s in sampled area	96.5896
Percentage of 1s in sampled area	3.4104
-2logL0	3846.4802
-2log(likelihood)	2002.3274
Goodness of fit	6335.7701
Pseudo R ²	0.4794
Chi-square (<i>df</i> =9)	1844.1528

Means and Standard Deviations:

Variables	Mean	Standard deviation
cntr_b1	8.2811	2.1666
core08_b1	6.5839	3.3878
dens08_b1	1.1132	0.5337
elev_b1	4.6665	2.4371
equip08_b1	7.3890	2.9474
roads08_b1	6.5280	3.5221
slope_b1	2.1033	0.8676
transp08_b1	8.8320	2.4127
oued_b1	3.2226	2.2776
lcm20_Train_nn ur_to_urban	0.0341	0.1815

Classification of Sample Cases & Odds Ratio:

Observed	Fitted-0	Fitted-1	Percent correct
0	12429	61	99.5116
1	329	112	25.3968

Odds ratio = 69.3631

Reclassification of Sample Cases & ROC (sample-based computation when applicable):

1) Select a new threshold value such that, after reclassification, the number of fitted 1s matches the number of observed 1s in the dependent variable.

New cutting threshold = 0.3336

Classification of Sample Cases & Odds Ratio by Using the New Threshold:

Observed	Fitted-0	Fitted-1	Percent correct
0	12257	233	98.1345
1	228	213	48.2993

Adjusted odds ratio = 49.1443, true positive = 91.03%, false positive = 1.87%

2) ROC* result with 100 thresholds (sample-based computation when applicable):

ROC = 0.9603

* ROC = 1 indicates a perfect fit; and ROC = 0.5 indicates a random fit.

Result of ROC**

AUC = 0.944445

The following section lists detailed statistics for each threshold.

With each threshold, the following 2x2 contingency table is calculated:

	Reality (reference image)	
Simulated by threshold	1	0
1	A (number of cells)	B (number of cells)
0	C (number of cells)	D (number of cells)
For the given reference image:	A+C=131093	B+D=12547

قائمة الملاحق

No.	Exp. Thrhlds(%)	Act. Thrhlds(%)	Act. raw cuts	A	True posi.(%)	B	False posi.(%)
1	0	0	0	0	0	0	0
2	1	1.0004	0.4017	1437	1.0962	0	0
3	2	2.0008	0.2948	2874	2.1923	0	0
4	3	3.0006	0.2232	4310	3.2877	0	0
5	4	4.0003	0.1655	5746	4.3831	0	0
6	5	5.0007	0.1183	7183	5.4793	0	0
7	6	5.9997	0.0927	8618	6.5740	0	0
8	7	7.0008	0.0733	10056	7.6709	0	0
9	8	8.0006	0.0602	11492	8.7663	0	0
10	9	9.0010	0.0504	12929	9.8625	0	0
11	10	10.0007	0.0422	14365	10.9579	0	0
12	11	11.0004	0.0357	15801	12.0533	0	0
13	12	12.0001	0.0305	17237	13.1487	0	0
14	13	13.0006	0.0256	18674	14.2448	0	0
15	14	14.0003	0.0224	20110	15.3403	0	0
16	15	15.0000	0.0187	21546	16.4357	0	0
17	16	15.9997	0.0164	22982	17.5311	0	0
18	17	17.0008	0.0140	24420	18.6280	0	0
19	18	18.0006	0.0120	25856	19.7234	0	0
20	19	19.0010	0.0106	27293	20.8196	0	0
21	20	20.0007	0.0093	28729	21.9150	0	0
22	21	20.9997	0.0080	30164	23.0096	0	0
23	22	22.0001	0.0071	31601	24.1058	0	0
24	23	23.0006	0.0061	33038	25.2020	0	0
25	24	24.0010	0.0055	34475	26.2981	0	0
26	25	25	0.0048	35910	27.3928	0	0
27	26	26.0004	0.0042	37347	28.4889	0	0
28	27	27.0008	0.0038	38784	29.5851	0	0
29	28	28.0006	0.0033	40220	30.6805	0	0
30	29	29.0010	0.0030	41657	31.7767	0	0
31	30	30.0000	0.0027	43092	32.8713	0	0
32	31	30.9997	0.0024	44528	33.9667	0	0
33	32	32.0008	0.0021	45966	35.0637	0	0
34	33	33.0006	0.0019	47402	36.1591	0	0
35	34	34.0010	0.0017	48839	37.2552	0	0
36	35	35.0007	0.0016	50275	38.3506	0	0

قائمة الملاحق

37	36	36.0004	0.0014	51711	39.4460	0	0
38	37	37.0008	0.0012	53148	40.5422	0	0
39	38	38.0006	0.0011	54584	41.6376	0	0
40	39	39.0010	0.0010	56021	42.7338	0	0
41	40	40.0007	0.0009	57457	43.8292	0	0
42	41	41.0004	0.0008	58893	44.9246	0	0
43	42	42.0008	0.0007	60330	46.0208	0	0
44	43	43.0006	0.0006	61766	47.1162	0	0
45	44	44.0010	0.0005	63203	48.2123	0	0
46	45	45.0007	0.0005	64639	49.3077	0	0
47	46	46.0004	0.0004	66075	50.4031	0	0
48	47	47.0008	0.0004	67512	51.4993	0	0
49	48	48.0006	0.0003	68948	52.5947	0	0
50	49	49.0010	0.0003	70385	53.6909	0	0
51	50	50.0007	0.0002	71821	54.7863	0	0
52	51	51.0004	0.0002	73257	55.8817	0	0
53	52	52.0008	0.0002	74694	56.9779	0	0
54	53	53.0006	0.0002	76130	58.0733	0	0
55	54	54.0010	0.0001	77567	59.1694	0	0
56	55	55	0.0001	79002	60.2641	0	0
57	56	56.0004	0.0001	80439	61.3603	0	0
58	57	57.0008	0.0001	81876	62.4564	0	0
59	58	58.0006	0.0001	83312	63.5518	0	0
60	59	59.0010	0.0001	84749	64.6480	0	0
61	60	60.0007	0.0001	86185	65.7434	0	0
62	61	61.0004	0.0001	87621	66.8388	0	0
63	62	62.0008	0.0001	89058	67.9350	0	0
64	63	63.0006	0.0001	90494	69.0304	0	0
65	64	64.0010	0.0001	91931	70.1265	0	0
66	65	65.0007	0.0001	93367	71.2220	0	0
67	66	66.0004	0.0001	94803	72.3174	0	0
68	67	67.0008	0.0001	96240	73.4135	0	0
69	68	68.0006	0.0001	97676	74.5089	0	0
70	69	69.0010	0.0001	99113	75.6051	0	0
71	70	70.0007	0.0001	100549	76.7005	0	0
72	71	71.0004	0.0001	101985	77.7959	0	0
73	72	72.0008	0.0001	103422	78.8921	0	0
74	73	73.0006	0.0001	104858	79.9875	0	0
75	74	74.0010	0.0000	106295	81.0837	0	0
76	75	75.0007	0.0000	107731	82.1791	0	0

قائمة الملاحق

77	76	76.0004	0.0000	109167	83.2745	0	0
78	77	77.0008	0	110223	84.0800	381	3.0366
79	78	78.0006	0	111645	85.1647	395	3.1482
80	79	79.0010	0	113056	86.2411	421	3.3554
81	80	80.0007	0	114450	87.3044	463	3.6901
82	81	81.0004	0	115841	88.3655	508	4.0488
83	82	82.0008	0	117225	89.4212	561	4.4712
84	83	83.0006	0	118565	90.4434	657	5.2363
85	84	84.0010	0	119782	91.3718	877	6.9897
86	85	85.0007	0	120791	92.1415	1304	10.3929
87	86	86.0004	0	121571	92.7365	1960	15.6213
88	87	87.0008	0	122293	93.2872	2675	21.3198
89	88	88.0006	0	122790	93.6663	3614	28.8037
90	89	89.0010	0	123380	94.1164	4461	35.5543
91	90	90.0007	0	123991	94.5825	5286	42.1296
92	91	91.0004	0	124650	95.0852	6063	48.3223
93	92	92.0008	0	125240	95.5352	6910	55.0729
94	93	93.0006	0	125737	95.9144	7849	62.5568
95	94	94.0010	0	126077	96.1737	8946	71.2999
96	95	95.0007	0	126356	96.3865	10103	80.5212
97	96	96.0004	0	126483	96.4834	11412	90.9540
98	97	97.0008	0	127048	96.9144	12284	97.9039
99	98	98.0006	0	128276	97.8511	12492	99.5616
100	99	99.0010	0	129677	98.9199	12528	99.8486
101	100	100	0	131093	100	12547	100

الملخص

المخلص:

لمواجهة تحديات التوسع العمراني على المدى الطويل، أصبح من الضروري رصد وتحليل التغيرات في الغطاء الأرضي الحضري، بالإضافة إلى وضع خطط مناسبة للاستخدام المستدام للأراضي. تبرز الدراسات السابقة عدة تحديات رئيسية، من بينها نقص البيانات الجغرافية المكانية في البلدان النامية، مما يعقد عملية تحليل ورصد التغيرات في الغطاء الأرضي. علاوة على ذلك، فإن تعقيد الأنظمة الحضرية يؤدي إلى نقص في المعرفة والفهم حول ديناميكيات التوسع العمراني والعوامل الطبيعية والاجتماعية والاقتصادية والسياسات العمرانية المؤثرة فيه. بالإضافة إلى التحديات التقنية المتعلقة بعملية النمذجة التي تتأثر بشكل كبير بعمليات المعايرة والتحقق وتصميم السيناريوهات، والتي لم تحظى بالاهتمام الكافي من قبل الباحثين.

تتناول هذه الأطروحة ظاهرة التوسع العمراني في مدينة ميله بالجزائر، مع التركيز على تطوير منهجية محسنة لرصد وتحليل ديناميكيات التوسع العمراني. تهدف الدراسة إلى معالجة الفجوة في الأبحاث السابقة من خلال دمج العوامل الاجتماعية والاقتصادية بشكل شامل في نماذج التوسع العمراني، وهو جانب غالباً ما تم إهماله في الدراسات بصفة عامة.

اعتمدت المنهجية على مجموعة متكاملة من التقنيات والنماذج، حيث تم استخدام مؤشرات طيفية (MNDWI, SAVI, IBI) لتحليل صور الأقمار الصناعية Landsat، متنوعة بتطبيق تقنية الاحتمال الأقصى لتصنيف الغطاء الأرضي. لتحليل الخصائص الزمانية والمكانية للتوسع العمراني، تم توظيف أربعة مؤشرات رئيسية. كما تم استخدام نموذج الانحدار اللوجستي لتحديد العلاقة بين التوسع العمراني ومحدداته المختلفة، بما في ذلك العوامل الطبيعية والاجتماعية-الاقتصادية والسياسات العمرانية.

لتعزيز دقة التنبؤات المستقبلية، تم تطوير نموذج خلايا الأوتوماتا (CA) باستخدام طريقة معايرة هجينة تجمع بينه وبين الشبكات العصبية الاصطناعية. هذا النهج مكن من النقاط التفاعلات المعقدة بين المتغيرات المختلفة وتحسين الكفاءة الحسابية للنموذج. بالإضافة إلى ذلك، تم تصميم ثلاثة سيناريوهات للتوسع العمراني المستقبلي لمدينة ميله، مما يوفر رؤى جيدة لصناع القرار والمخططين الحضريين. كشفت نتائج الدراسة عن نمط توسع عمراني سريع في مدينة ميله، خاصة خلال الفترتين 1987-1998 و 2008-2020. اتجه هذا التوسع بشكل رئيسي نحو المناطق الجنوبية والجنوبية الغربية والغربية من المدينة. لوحظ أن التوسع كان أكثر كثافة في المناطق القريبة من مركز المدينة، مع تفضيل التوسعات الجديدة للمناطق الأبعد عن المركز في نفس الاتجاهات المذكورة. تميز نمط التوسع بالتذبذب بين فترات التجميع وفترات الانتشار مما يبرز غياب خطة لتوسع المدينة.

أظهرت التحليلات الإحصائية والمكانية وجود علاقة قوية بين التوسع العمراني والعوامل الطبيعية والاجتماعية-الاقتصادية والسياسات العمرانية، حيث تبين أن القرب من شبكات النقل ومركز المدينة، إلى جانب عوامل طبوغرافية مثل الانحدار والارتفاع، والكثافة السكانية، تمثل أهم العوامل المؤثرة في نمط التوسع العمراني، كما لعبت طبيعة الملكية العقارية والإطار القانوني للتعمير دوراً مهماً في توجيه هذا التوسع.

في تقييم السيناريوهات المستقبلية والخيارات البديلة، برز سيناريو التوسع وفق نمط الحماية البيئية كأفضل بديل لتحقيق التوازن بين متطلبات النمو الحضري والاستدامة البيئية والاجتماعية والاقتصادية. يوفر هذا السيناريو إطاراً للتخطيط يدعم الشكل الحضري المدمج، ويحسن جودة البيئة السكنية، ويعزز التنمية المستدامة.

تؤكد هذه الأطروحة على أهمية دمج التحليل المكاني المتقدم والنمذجة في عمليات التخطيط الحضري. توصي الدراسة باعتماد استراتيجيات تنمية تراعي الاستدامة البيئية والاجتماعية والاقتصادية في سياق التوسع العمراني، مما يساهم في تحسين جودة الحياة الحضرية وضمان تنمية متوازنة ومستدامة للمدن الجزائرية.

Résumé

L'extension urbaine durable exige une analyse approfondie des transformations du paysage et l'élaboration de stratégies de gestion territoriale. Les études précédentes ont identifié des obstacles majeurs, dont le manque de données géospatiales dans les pays en développement, entravant l'analyse des changements territoriaux. La complexité des écosystèmes urbains crée des lacunes dans la compréhension des mécanismes d'extension et des facteurs influents. Les défis techniques de modélisation urbaine, notamment la calibration et la validation, n'ont pas reçu suffisamment d'attention scientifique. Cette étude examine l'extension de Mila, en Algérie, en développant une méthodologie avancée pour décrypter les dynamiques de croissance urbaine, visant à combler les lacunes des recherches antérieures en intégrant les aspects socio-économiques souvent négligés.

La méthodologie combine diverses techniques. Des indices spectraux (MNDWI, SAVI, IBI) ont été utilisés pour l'analyse d'images Landsat, suivie d'une classification pour cartographier l'occupation des sols. L'étude spatio-temporelle s'est basée sur quatre indicateurs clés. Un modèle de régression logistique a exploré les liens entre l'étalement urbain et ses facteurs, englobant aspects naturels, socio-économiques et politiques d'urbanisme. Cette approche visait une compréhension approfondie des dynamiques de croissance urbaine et de leurs déterminants.

Pour améliorer la précision des projections, un modèle d'automates cellulaires intégrant une calibration hybride avec des réseaux neuronaux a été développé. Cette stratégie a permis d'appréhender les interactions complexes entre variables tout en optimisant la performance du modèle. Trois scénarios prospectifs d'extension urbaine ont été élaborés pour Mila, offrant des perspectives aux décideurs et planificateurs urbains.

L'analyse a révélé une croissance urbaine accélérée à Mila, particulièrement entre 1987-1998 et 2008-2020, orientée vers le sud, sud-ouest et ouest. L'extension était plus prononcée près du centre-ville, avec de nouveaux développements en périphérie. Le modèle alternait entre concentration et dispersion, soulignant l'absence d'une planification structurée.

Les études ont montré des corrélations significatives entre la croissance urbaine et divers facteurs. L'accessibilité aux transports, la proximité du centre, la topographie et la densité démographique se sont avérées déterminantes. Le régime foncier et le cadre réglementaire ont également influencé l'extension urbaine.

La comparaison des scénarios a mis en évidence la supériorité du modèle axé sur la préservation environnementale, conciliant croissance urbaine et durabilité. Ce scénario favorise une morphologie urbaine dense, améliorant la qualité de vie et promouvant un développement harmonieux.

Cette recherche souligne l'importance d'intégrer des techniques d'analyse spatiale avancées dans la planification urbaine. Elle recommande des approches de développement intégrant les dimensions environnementales, sociales et économiques pour l'extension urbaine. Ces stratégies visent à améliorer la qualité de vie urbaine et promouvoir un développement équilibré des villes algériennes, en accord avec les principes de durabilité et les besoins locaux.

Abstract

Sustainable urban expansion requires an in-depth analysis of landscape transformations and the development of territorial management strategies. Previous studies have identified major obstacles, including the lack of geospatial data in developing countries, hindering the analysis of territorial changes. The complexity of urban ecosystems creates gaps in understanding extension mechanisms and influential factors. Technical challenges in urban modeling, particularly calibration and validation, have not received sufficient scientific attention. This study examines the extension of Mila, Algeria, by developing an advanced methodology to decipher urban growth dynamics, aiming to fill gaps in previous research by integrating often neglected socio-economic aspects.

The methodology combines various techniques. Spectral indices (MNDWI, SAVI, IBI) were used for Landsat image analysis, followed by classification to map land use. The spatio-temporal study was based on four key indicators. A logistic regression model explored links between urban sprawl and its factors, encompassing natural, socio-economic, and urban policy aspects. This approach aimed at a thorough understanding of urban growth dynamics and their determinants.

To improve projection accuracy, a cellular automata model incorporating hybrid calibration with neural networks was developed. This strategy allowed for understanding complex interactions between variables while optimizing model performance. Three prospective urban extension scenarios were developed for Mila, offering perspectives to decision-makers and urban planners.

The analysis revealed accelerated urban growth in Mila, particularly between 1987–1998 and 2008–2020, oriented towards the south, southwest, and west. The extension was more pronounced near the city center, with new developments on the periphery. The model alternated between concentration and dispersion, highlighting the absence of structured planning.

Studies showed significant correlations between urban growth and various factors. Transport accessibility, proximity to the center, topography, and population density proved to be determinant. Land tenure and regulatory framework also influenced urban expansion.

The comparison of scenarios highlighted the superiority of the model focused on environmental preservation, reconciling urban growth and sustainability. This scenario favors a dense urban morphology, improving quality of life and promoting harmonious development.

This research underlines the importance of integrating advanced spatial analysis techniques in urban planning. It recommends development approaches integrating environmental, social, and economic dimensions for urban extension. These strategies aim to improve urban quality of life and promote balanced development of Algerian cities, in accordance with sustainability principles and local needs.