mgcvUI: واجهة تفاعلية لحزمة mgcv (النماذج الجمعية المعمّمة)

ترجمة عربية أُعدّت بمساعدة الذكاء الاصطناعي وروجعت تحريريًا؛ النسخة الإنجليزية هي المُعتمدة.

William Bert Craytor

Vol. 1, Issue 1 · Summer 2026
نُشر في 1 يوليو 2026
DOI: 10.67330/xtv1pa25
2026 William Bert Craytor. Published by Pacific Vista Net. ©
يُنشر هذا المقال وفق شروط رخصة المشاع الإبداعي: النسب إلى المُصنَّف 0.4.

الملخص. mgcvUI واجهة مستعمل رسومية لحزمة mgcv في لغة R، وهي تُلائم النماذج الجمعية المعمّمة (GAMs) باستعمال شرائح انحدارٍ مُجازاة مع انتقاءٍ تلقائي لمعامل التنعيم. تتيح ثلاثة أنماط للاستعمال --- النمذجة التنبؤية العامة، وتقييم العقارات، وتحليل مناطق السوق --- وتقود المستعمل عبر استيراد البيانات، وتحديد الحدود الملساء، وملاءمة النموذج، والرسوم التشخيصية ورسوم الآثار، والتقارير القابلة للتنزيل. يوثّق هذا المقال متطلبات صيغة البيانات في mgcvUI، وسير عمل النمذجة، وأشكال المخرجات، والمرجع الكامل لوظائفه.

الكلمات المفتاحية: النماذج الجمعية المعمّمة، GAM، الشرائح المُجازاة، التنعيم، mgcv، R، واجهة مستعمل رسومية، تقييم العقارات

ملاحظة الناشر (يوليو 2026): قُبيل النشر، دُمج mgcvUI في earthUI (الإصدار 0.11.0 وما بعده)؛ ويوفّر earthUI الآن سير عمل النماذج الجمعية المعمّمة الموصوف هنا إلى جانب سير عملَي MARS والشبكة المرنة. ويبقى mgcvUI متاحًا في صورته النهائية المنشورة (0.3.0) على https://github.com/wcraytor/mgcvUI؛ ويجري التطوير اللاحق في earthUI. ويشير هذا المقال إلى mgcvUI بصيغته المنشورة.

المحتويات

1 مقدمة **4**
1.1 لمحة تاريخية . . . 4
1.1.1 النماذج الجمعية المعمّمة . . . 4
2.1.1 حزمة mgcv . . . 4
3.1.1 المقارنة مع MARS (earth) والشبكة المرنة (glmnet) . . . 4
4.1.1 خطّ mgcvUI--earthUI . . . 5
5.1.1 سير العمل المُوصى به . . . 5
2.1 ما هو mgcvUI؟ . . . 5
3.1 أنماط الغرض الثلاثة . . . 6
4.1 الخصائص الخاصة بالعقارات . . . 6
5.1 البدء . . . 6

2 متطلبات بيانات الإدخال من MLS **8**
1.2 صيغة الملف وبنيته . . . 8
2.2 الأعمدة المطلوبة في نمط التقييم . . . 8
3.2 أعراف تسمية الأعمدة الخاصة . . . 9
4.2 جودة البيانات واكتمالها . . . 9
5.2 موضع صف العقار موضوع التقييم . . . 9

3 النمط العام **10**
1.3 نظرة عامة . . . 10
2.3 سير العمل في الشريط الجانبي . . . 10
3.3 الاستيراد من earthUI (اختياري) . . . 10
4.3 ألسنة اللوحة الرئيسة . . . 11
5.3 بقاء الإعدادات . . . 11
6.3 النمط الداكن . . . 11
7.3 ضبط اللغة والمنطقة . . . 11

4 نمط التقييم **13**
1.4 معالجة صف العقار موضوع التقييم . . . 13
2.4 التاريخ الفعّال وعمر البيعة . . . 13
3.4 تعيينات الأعمدة الخاصة . . . 13
4.4 نظرة عامة على تعديلات RCA . . . 13

5 نمط تحليل منطقة السوق **14**
1.5 الفروق عن نمط التقييم . . . 14
2.5 متى يُستعمل نمط السوق . . . 14

6 انتقاء المتغيرات **15**
1.6 المتغير الهدف . . . 15
2.6 تحويل المستجيب . . . 15
3.6 جدول المتنبئات . . . 15
4.6 رصد أنواع البيانات وتجاوزه . . . 15
5.6 مرجع أنواع الأعمدة الخاصة . . . 16

7 انتقاء المعاملات **17**
1.7 الإعدادات المسبقة للمعاملات . . . 17
2.7 العائلة . . . 17
3.7 الطريقة . . . 17
4.7 غاما (مُضاعِف التنعيم) . . . 17
5.7 التحقق المتقاطع . . . 18
6.7 Select (التقليص) . . . 18
7.7 الأساس الافتراضي . . . 18
8.7 قيمة k الافتراضية (بُعد الأساس) . . . 18
9.7 نوع الموتر . . . 18
10.7 التفاعلات المسموح بها . . . 18
11.7 تفاعلات العامل مع الملساء . . . 19
12.7 المعاملات المتقدمة . . . 19

8 ملاءمة النموذج **20**
1.8 زرّ الملاءمة . . . 20
2.8 ماذا يجري أثناء الملاءمة . . . 20
3.8 الملاءمة في الخلفية وتتبّع التقدّم . . . 20

9 ألسنة النتائج **21**
1.9 البيانات . . . 21
2.9 المعادلة . . . 21
3.9 الملخّص . . . 21
4.9 أهمية المتغيرات . . . 21
5.9 رسوم الإسهام . . . 21
1.5.9 الحدود الملساء أحادية المتغير --- $s(x)$ . . . 22
2.5.9 حدود العامل مع الملساء --- $s(x, \text{by} = \text{factor})$ . . . 22
3.5.9 حدود التفاعل --- $ti(x_1, x_2)$ و $te(x_1, x_2)$ . . . 22
4.5.9 الحدود المعلمية --- الخطية والعاملية . . . 22
6.9 الارتباط . . . 22
7.9 التشخيصات . . . 22
8.9 تعديلات RCA . . . 22
9.9 تحليل التباين . . . 23
10.9 مخرجات Mgcv . . . 23
11.9 فحص الإشارة . . . 23

23 12.9 التقوّس المشترك
23 13.9 فحص الأساس

24 10 تنزيل البيانات
24 1.10 أعمدة المخرجات
24 2.10 درجات CQA

25 11 حسابات RCA وتنزيلها
25 1.11 فتح حوار RCA
25 2.11 استكمال درجة CQA
25 3.11 أعمدة المخرجات

26 12 شبكة المقارنة بالمبيعات
26 1.12 حوار انتقاء المقارنات
26 2.12 تخطيط المصنَّف
26 3.12 حماية الأوراق وخلايا البواقي

27 13 تنزيل التقارير
27 1.13 الخطوة 1: توليد تقرير Quarto
27 2.13 الخطوة 2: تحويل تقرير Quarto
27 3.13 محتويات التقرير

28 14 تصدير دوال النموذج
28 1.14 دوال R
28 2.14 دوال Python
28 3.14 ترويسة C++
28 4.14 قاعدة بيانات SQLite

29 15 المقارنة مع earthUI وglmnetUI
29 1.15 الفروق الرئيسة
29 2.15 الخصائص المشتركة
29 3.15 سير العمل المُوصى به

30 16 مجموعة البيانات التجريبية: Appraisal_1.csv
30 1.16 الوصف
30 2.16 الأعمدة
31 3.16 بداية سريعة مقترحة

32 17 متطلبات النظام واستكشاف الأعطال
32 1.17 المنصّات المدعومة
32 2.17 إصدار R
32 3.17 حزم R المطلوبة
32 4.17 الاعتماديات الاختيارية
32 5.17 ملاحظات خاصة بالمنصّات
32 1.5.17 macOS
33 2.5.17 Windows
33 3.5.17 Linux
33 6.17 التدهور اللطيف
33 7.17 استكشاف الأعطال
33 1.7.17 ``خيار PDF غير متاح"
33 2.7.17 ``الإعدادات لن تبقى"
34 3.7.17 ``رسم التشخيص غير متاح"
34 4.7.17 ``Report error: number of items to replace…"

5.7.17 المنفذ 7880 مستعمَل بالفعل 34
6.7.17 إخفاق تنصيب الحزم على Linux 34

1 مقدمة

1.1 لمحة تاريخية

1.1.1 النماذج الجمعية المعمّمة

صاغ **النماذج الجمعية المعمّمة** (GAMs) صياغةً شكلية تريفور هاستي وروبرت تيبشيراني في كتابهما الصادر سنة 1990. وهذه النماذج توسّع النموذجَ الخطي بأن تستبدل بكل حدٍّ خطي $\beta_j x_j$ دالةً ملساء $f_j(x_j)$، فيصير النموذج:

$$y = \beta_0 + f_1(x_1) + f_2(x_2) + \cdots + f_p(x_p) + \varepsilon$$

وتُقدَّر كل f_j من البيانات باستعمال شريحة انحدارٍ مُجازاة. وتتيح الدوال الملساء للنموذج التقاطَ العلاقات اللاخطية من غير أن يحدّد المستعمل صورةً دالّيةً سلفًا. ويتحكّم الجزاء في تموّج كل ملساء، فيمنع فرط الملاءمة مع إتاحة مرونةٍ كافية لتتبّع الأنماط الحقيقية.

2.1.1 حزمة mgcv

طوّر حزمةَ `mgcv` في لغة R (Mixed GAM Computation Vehicle) سايمون وود في جامعة باث (Wood 2017). وقد صدرت أول مرة سنة 2001، وهي اليوم التنفيذ المعياري للنماذج الجمعية المعمّمة في R، وتأتي مرفقةً بكل تنصيبٍ للغة. وطرائقها الأساسية موصوفةٌ في سلسلة أوراق تتناول التقدير المستقر لمعاملات تنعيمٍ متعددة (Wood 2004)، وشرائح الانحدار ذات الصفيحة الرقيقة (Wood 2003)، والتقدير السريع المستقر بـREML (Wood 2011)، وانتقاء النماذج الملساء عمومًا (Wood, and Pya Säfken 2016). ومن أبرز خصائصها:

- **الانتقاء التلقائي لمعامل التنعيم**: يُقدَّر معامل التنعيم لكل حدٍّ في أثناء ملاءمة النموذج، باستعمال REML (الأرجحية العظمى المقيَّدة)، أو GCV (التحقق المتقاطع المعمَّم)، أو ML (الأرجحية العظمى).
- **أنواع أساسٍ متعددة**: شرائح الانحدار ذات الصفيحة الرقيقة (tp)، وشرائح الانحدار التكعيبية (cr)، وشرائح P (ps)، وشرائح B (bs)، ولكلٍّ منها خصائصه.
- **الملساوات الجدائية الموترية**: تتيح `te()` و`ti()` تفاعلاتِ ملساء بين المتغيرات من غير الوقوع في لعنة الأبعاد.
- **انتقاء المتغيرات**: يضيف الخيار `select = TRUE` جزاءً إضافيًا يستطيع تقليص الحدود الملساء إلى الصفر، فيؤدي فعليًا انتقاءً للمتغيرات.
- **تشخيصات التقوّس المشترك**: تقيس نظير التعدّد الخطي في الحدود الملساء.

3.1.1 المقارنة مع MARS (earth) والشبكة المرنة (glmnet)

يستعمل تطبيق earth ووحدتا المعالجة اللاحقة فيه (glmnet وmgcv) محرّكات نمذجةٍ مختلفة. ويلخّص الجدول الآتي الفروق الرئيسة:

الخاصية	(GAM) mgcv	(MARS) earth	glmnet (الشبكة المرنة)
نوع النموذج	لاخطي أملس (شرائح مُجازاة)	خطي مقطعيًا (شرائح تكيّفية)	خطي (مع انتظام)
اللاخطية	تلقائية عبر دوالٍ ملساء (الصفيحة الرقيقة، التكعيبية، وغيرها)	تلقائية عبر دوال المفصلة بعُقدٍ مستمدّة من البيانات	عبر التفاعلات أو توسيع الأساس فقط
انتقاء المتغيرات	اختياري عبر تقليص الجزاء المزدوج (`select=TRUE`)	مُضمَّن عبر التدرّج الأمامي/الخلفي مع تشذيبٍ بـGCV	مُضمَّن عبر جزاء L_1 (لاسو)
التفاعلات	الملساوات الجدائية الموترية (`te()`، `ti()`)	جداءات قائمة على المفصلات (قابلة للتفسير حتى الدرجة الثالثة)	جداءات ثنائية (يصعب تفسيرها)
قابلية التفسير	منحنيات أثرٍ جزئيٍّ ملساء، بديهية جدًا	دوال g تُظهر الأثر الجزئي الخطي المقطعي لكل متغير	المعاملات أوزانٌ خطية يسهل شرح كلٍّ منها
الأنسب لـ	العلاقات اللاخطية الملساء والنمذجة المرنة	اكتشاف اللاخطية والتفاعلات تلقائيًا	البيانات عالية الأبعاد، وانتقاء المتغيرات، والعينات الصغيرة
تعديلات RCA	تعديلات ملساء عبر الآثار الجزئية	تعديلات خطية مقطعية عبر دوال g	تعديلات خطية لكل متغير
ضبط فرط الملاءمة	تقدير معامل التنعيم بـGCV/REML	تشذيب مبني على GCV	λ بالتحقق المتقاطع

قدّم **MARS** (شرائح الانحدار التكيّفية المتعددة المتغيرات) جيروم فريدمان سنة 1991. وهي تبني نماذج خطية مقطعيًا بانتقاءٍ تكيّفي لدوال المفصلة ولمواضع عُقدها من البيانات. والتنفيذ في R هو حزمة `earth` لستيفن ميلبورو.

أما انحدار **الشبكة المرنة**، المنفَّذ في حزمة `glmnet` لفريدمان وهاستي وتيبشيراني (2010)، فيجمع بين جزاءَي لاسو (L_1) والحرف (L_2) لأداء انتقاء المتغيرات وتقليص المعاملات في آن.

4.1.1 خطّ mgcvUI--earthUI

ثمة سير عملٍ قويّ يجمع بين اكتشاف earthUI التلقائي للعُقد وتقدير mgcvUI للملساوات. فحين يصدّر earthUI ملف نتيجةٍ بصيغة `.rds` ويستورده mgcvUI:

1. **يكتشف earth العُقد** --- إذ تجد MARS مواضع المفصلات (نقاط التغيّر) المستمدّة من البيانات لكل متغير.
2. **ويستعملها mgcvUI مراسيَ** --- فتصير عُقد earth أساسًا لشرائح الانحدار التكعيبية (الأساس `cr`) في النموذج الجمعي المعمّم، فتنطلق الحدود الملساء من مواضع عُقدٍ تعكس بنيةً حقيقية في البيانات.
3. **ويصقل mgcv الملاءمة** --- إذ يملّس تقديرُ الشرائح المُجازاة ملاءمةَ earth الخطية المقطعية، فينتج منحنيات أثرٍ جزئي ملساء مع الحفاظ على الشكل العام الذي اكتشفه earth.

وهذا الخطّ يجسر بين النمذجة الاستكشافية (earth) والنمذجة التوكيدية (النموذج الجمعي المعمّم)، فيجمع أفضل ما في المقاربتين.

5.1.1 سير العمل المُوصى به

لتقييم العقارات وما يشبهه من التطبيقات التي تقتضي نماذج قابلة للتفسير وللدفاع:

1. **ابدأ بـearthUI** لاكتشاف المتغيرات المهمة والعلاقات اللاخطية والتفاعلات في بياناتك. فانتقاء earth التلقائي للأساس ودوالُ g فيه يقدّمان بصائرَ أولية ممتازة.
2. **اصقل بـmgcvUI** إن أردت آثارًا جزئية أكثر ملاسةً. واستورد عُقد earthUI إلى mgcvUI لانتقالٍ سلس من النماذج الخطية المقطعية إلى النماذج الملساء.
3. **استعمل glmnetUI** حين تحتاج إلى انتقاءٍ حازم للمتغيرات (لاسو)، أو حين يقارب عددُ المتنبئات عددَ المشاهدات أو يتجاوزه، أو حين تريد نموذجًا خطيًا محضًا مع انتظامٍ يخدم قابلية الدفاع.

2.1 ما هو mgcvUI؟

mgcvUI واجهة مستعمل رسومية لحزمة `mgcv` في لغة R. وهي تعمل تطبيقَ Shiny محليًا --- فلا تسجيل دخول، ولا خادم، ولا حسابات. تشغّلها من R، وتستورد مجموعة بيانات (CSV أو Excel)، وتضبط نموذجك، وتلائم نموذجًا جمعيًا معمّمًا تفاعليًا.

واعتبارًا من الإصدار الحالي، لم يعد mgcvUI حزمةً تُنصَّب على حدة: فهو يأتي **داخل** حزمة earthUI بوصفه وحدة المعالجة اللاحقة للنماذج الجمعية المعمّمة، ويُشغَّل بـ `earthUI::launch_mgcv()`. أما التطبيق نفسه --- وكل ما يوصف في هذا المقال --- فلم يتغيّر؛ وإنما اختلف التنصيب وأمر التشغيل. وتتشارك الروتينات الثلاثة (earth وglmnet وmgcv) شجرة مشاريع واحدة، وقاعدة إعداداتٍ واحدة، ونسخةً واحدة من البنية التحتية المساندة.

ويوفّر التطبيق سير عملٍ كاملًا: استيراد البيانات، وضبط المتغيرات مع تحديد الحدود الملساء، وملاءمة النموذج بمعالجةٍ في الخلفية، والرسوم التشخيصية، ومنحنيات الأثر الجزئي الملساء، والتقارير القابلة للتنزيل بصيغة Word أو PDF أو HTML.

و**النماذج الجمعية المعمّمة** تستبدل بالعلاقة الخطية βx دالةً ملساء $f(x)$ لكل متنبئ. ومعنى ذلك:

- **لا حاجة إلى تحديد صورٍ دالّية** --- فالبيانات هي التي تحدّد شكل كل علاقة.
- **آثارٌ جزئية ملساء** --- فإسهام كل متنبئ منحنًى أملس لا خطٌّ مستقيم، مما يسهّل رؤية كيف يؤثّر المتغير في المستجيب عند قيمٍ مختلفة.
- **انتقاءٌ تلقائي لمعامل التنعيم** --- إذ يحدّد mgcv مقدار التموّج المناسب لكل منحنى عبر REML أو GCV، موازنًا بين الملاءمة وفرط الملاءمة.

3.1 أنماط الغرض الثلاثة

لكل مشروع **غرضٌ** يُختار عند إنشائه في القسم 1 من الشريط الجانبي (**المشروع**)، ويُقفل بعد ذلك. وغرضُ المشروع النشط هو الذي يحدّد أي الأدوات وعناصر الواجهة يظهر؛ وللعمل في نمطٍ آخر، أنشئ مشروعًا بذلك الغرض أو افتح واحدًا. والأنماط الثلاثة هي:

- **العام** --- انحدارٌ بالنماذج الجمعية المعمّمة لأي نوعٍ من المجتمعات أو مجموعات البيانات. وهو النمط الافتراضي. ويوفّر سير العمل كاملًا من غير أي إضافاتٍ خاصة بمجال.
- **للتقييم** --- انحدارٌ بالنماذج الجمعية المعمّمة مفصَّلٌ لتقييم العقارات. ويضيف خصائصَ خاصة بتقييم العقار المفرد، منها معالجة العقار موضوع التقييم، وتعيينات الأعمدة الخاصة، ومنهج قيد البواقي (RCA).
- **تحليل منطقة السوق** --- انحدارٌ بالنماذج الجمعية المعمّمة مفصَّلٌ لدراسات مناطق السوق. ويضيف خصائصَ لتحليل مجموعاتٍ من العقارات في سوقٍ محدّدة، مع معالجةٍ اختيارية لصف العقار موضوع التقييم.

ومحرّك النمذجة الجوهري واحدٌ في الأنماط الثلاثة كلها --- فأنت تلائم دائمًا نموذجًا جمعيًا معمّمًا عبر `mgcv::gam()`. وإنما يتحكّم ضبط الغرض في الأدوات وعناصر الواجهة الإضافية المتاحة.

4.1 الخصائص الخاصة بالعقارات

حين يُختار **للتقييم** أو **تحليل منطقة السوق**، يفعّل mgcvUI عدة خصائصَ مصمَّمة لتحليل العقارات:

- **تعيينات الأعمدة الخاصة** --- يمكن وسم كل متنبئ بدورٍ خاص مثل `contract_date`، و`dom`، و`concessions`، و`latitude`، و`longitude`، و`living_area`، و`lot_size`، و`actual_age`، و`effective_age`، و`area`، و`site_dimensions`، أو `display_only`. وتتحكّم هذه التعيينات في كيفية معالجة العمود أثناء الملاءمة وفي المخرجات.
- **عمود عمر البيعة** --- حين يُعيَّن عمودٌ `contract_date` ويُقدَّم تاريخٌ فعّال، يحسب mgcvUI عمودًا باسم `sale_age` (الأيام بين تاريخ البيع والتاريخ الفعّال) ويستبدله متنبئًا.
- **حسابات RCA (في نمط التقييم فقط)** --- في نمط التقييم، يستطيع mgcvUI بعد ملاءمة النموذج أن يحسب مخرجات منهج قيد البواقي (RCA)، وهي تُنتج تعديلاتٍ لكل مقارِن، وملخّصاتٍ لصافي التعديلات وإجماليها، وسعر بيعٍ معدَّلًا للعقار موضوع التقييم.

> **تنبيه:** يصلح النمط العام لأي مجموعة بيانات --- مالية أو علمية أو هندسية أو عقارية. وإنما يضيف نمطا التقييم والسوق خصائصَ تيسيرية لمحترفي العقارات.

5.1 البدء

لاستعمال mgcvUI:

1. **نصّب earthUI** في R: `install.packages("earthUI")` --- فروتين mgcv مضمَّنٌ فيها. (انظر ``تنصيب earthUI وvProlog" في مقال earthUI في هذا العدد للنسخة التطويرية وللمكوّنات الاختيارية.)
2. **شغّل التطبيق**: نفّذ `earthUI::launch_mgcv()` في R. فيُفتح التطبيق في متصفّحك على المنفذ 7880.

3. **أنشئ مشروعًا أو افتحه** في القسم 1 من الشريط الجانبي. والمشروع يحدّد الغرض (عام، أو للتقييم، أو تحليل منطقة السوق) وموقع العمل (البلد والولاية والمقاطعة والمدينة) ومجلدَي إدخاله ومخرجاته. وتُخزَّن المشاريع تحت جذرٍ مشترك هو `regProj` وتُتشارك مع التطبيقين الشقيقين earthUI وglmnetUI. وفتحُ مشروعٍ بغرضٍ مختلف هو السبيل إلى تبديل الأنماط.
4. **استورد بياناتك** في القسم 2 باختيار ملف CSV أو Excel من مجلد إدخال المشروع النشط. وأضف الملفات إلى ذلك المجلد ثم انقر **تحديث** لإدراجها.
5. **الاستيراد من earthUI (اختياري)** --- يتيح لك القسم 3 استيراد ملف نتيجة earthUI بصيغة `rds` . لتبذير النموذج الجمعي المعمّم بعُقدٍ اكتشفها earth. وتخطَّ هذه الخطوة إن لم تكن لديك نتيجةٌ من earthUI.
6. **اضبط المتغيرات** --- اختر هدفك ومتنبئاتك، واضبط أنواع البيانات، وأسنِد أي أدوارٍ خاصة للأعمدة، وعلّم المتغيرات بوصفها عاملية أو خطية.
7. **اضبط معاملات mgcv** --- العائلة، والطريقة، وغاما، ونوع الأساس، وk، ونوع الموتر، والتفاعلات، وسائر الخيارات.
8. **لائم النموذج** --- انقر ``ملاءمة نموذج Mgcv GAM" وراجع النتائج في اللوحة الرئيسة.
9. **صدّر** --- نزّل التنبؤات بصيغة Excel، أو ولّد تقرير Quarto وحوّله، أو (في نمط التقييم) احسب تعديلات RCA وشبكة المبيعات.

وتُحفَظ الإعدادات تلقائيًا في قاعدة بيانات SQLite وتُستعاد حين تعيد تحميل ملف الإدخال نفسه.

2 متطلبات بيانات الإدخال من MLS

في سير عمل تقييم العقارات وتحليل السوق، تأتي بيانات الإدخال عادةً من تصديرٍ لخدمة الإدراج المتعدد (MLS). ويصف هذا الفصل بنية الملف المتوقعة والأعمدة التي تستطيع mgcvUI استعمالها.

1.2 صيغة الملف وبنيته

يقبل mgcvUI ملفات **CSV** و**Excel** (`.xlsx`، `.xls`). وعند الاستيراد تُحوَّل أسماء الأعمدة تلقائيًا إلى صيغة `snake_case` --- فمثلًا يصير "Living SqFt" هو `living_sqft`، ويصير "Contract Date" هو `contract_date`، ويصير "Sale Price" هو `sale_price`. ويضمن هذا التوحيد اتساق الإحالات إلى الأعمدة في سير العمل كله. أما فاصل CSV وعلامة الكسر العشري المستعملان عند الاستيراد فيحدّدهما ضبط اللغة والمنطقة (انظر الفصل 3، "ضبط اللغة والمنطقة").

وينبغي أن يكون ملف بياناتك جدولًا مسطّحًا بصفٍّ واحد لكل عقار وعمودٍ واحد لكل سمة. ويجب أن يحتوي الصف الأول من الملف على عناوين الأعمدة.

2.2 الأعمدة المطلوبة في نمط التقييم

مع أن mgcvUI يعمل مع أي مجموعة من الأعمدة، فإن سير عمل التقييم الكامل يستفيد من وجود الأعمدة الآتية:

العمود	النوع الخاص	الغرض
سعر البيع	(الهدف)	المتغير المستجيب للنموذج
تاريخ التعاقد	`contract_date`	يُستعمل لحساب `sale_age` (الأيام من التاريخ الفعّال)
تاريخ الإدراج	`listing_date`	يُستعمل مع تاريخ التعاقد لحساب أيام العرض في السوق إن لم يوجد عمودٌ لها
أيام العرض في السوق	`dom`	أيام العرض في السوق؛ تظهر في عمليات التصدير
التنازلات	`concessions`	التنازلات البيعية؛ صافي سعر البيع = سعر البيع − التنازلات
مساحة المعيشة (قدم مربعة)	`living_area`	تتيح البواقي للقدم المربعة (`residual_sf`، `cqa_sf`)
مساحة الأرض	`lot_size`	عمود مساحة الموقع
أبعاد الموقع	`site_dimensions`	يُجمَّع مع مساحة الأرض
خط العرض	`latitude`	يُقرَّب إلى ثلاث منازل عشرية
خط الطول	`longitude`	يُقرَّب إلى ثلاث منازل عشرية
معرّف المنطقة	`area`	معرّف منطقة السوق أو الحي
العمر الفعلي	`actual_age`	عمر العقار
العمر الفعّال	`effective_age`	العمر الفعّال للعقار
العنوان	`display_only`	يظهر في عمليات التصدير؛ ويُستبعد من النموذج

ويمكن أن تكون أسماء أعمدة جدول البيانات بلغةٍ أجنبية --- أما الأسماء "الخاصة" فبالإنجليزية كي يستطيع برنامج R أن يعاملها معاملةً خاصة. وفيما عدا ذلك تظهر أسماء الأعمدة كما أعطيتها في نماذج الانحدار والرسوم، وفي تقارير المخرجات إن كنت تجري تقييمًا.

وليست كل الأعمدة مطلوبة. فـmgcvUI يتكيّف --- فإن غاب عمود، أُسقطت الخاصية المقابلة له ببساطة. غير أن نماذج تسعير العقارات يُنصح فيها بشدة ببعض الأعمدة لبلوغ ملاءمةٍ مقبولة:

1. **عمر البيعة** --- عدد الأيام بين تاريخ التعاقد على البيع والتاريخ الفعّال. وإذا استُعمل سجلّ مبيعاتٍ ممتدّ لسنوات، فكثيرًا ما يؤدي `sale_age` دورًا محوريًا.
2. **مساحة المعيشة** --- وتُعرف أيضًا بأسماء مثل "Living Sqft" و"GLA" (مساحة المعيشة الإجمالية).
3. **إجمالي عدد الحمّامات** --- مجموع الحمّامات الكاملة وحمّامات الربع والنصف وثلاثة الأرباع.
4. **مواقف المرآب** أو **مساحة المرآب** --- مواقف المرآب أو مساحته بالأقدام المربعة.
5. **مساحة الأرض** --- مساحة أرض العقار.
6. **خط الطول وخط العرض**، و**معرّف المنطقة** إن توفّر. وهذه المتغيرات الموقعية تعين النموذج على مراعاة التباين السعري الجغرافي.

3.2 أعراف تسمية الأعمدة الخاصة

يتعرّف mgcvUI الأعمدة بـ**تعيين نوعها الخاص**، لا باسم العمود. فيمكنك تسمية أعمدتك بما شئت في تصدير MLS --- والمهم أن تُسنِد النوع الخاص الصحيح في جدول ضبط المتغيرات (الفصل 6).

4.2 جودة البيانات واكتمالها

- **القيم المفقودة (NA)**: تُحذف تلقائيًا قبل الملاءمة الصفوفُ التي فيها قيمٌ مفقودة في أي عمودٍ متنبئ أو عمود الهدف. ويقصر mgcvUI البياناتِ على الأعمدة المستعملة في النموذج وحدها، فلا تتسبّب القيم المفقودة في الأعمدة غير المستعملة في إسقاط صفوف.
- **الأعمدة العددية**: يجب أن تكون عددية حقولُ سعر البيع ومساحة المعيشة ومساحة الأرض وما شابهها.
- **أعمدة العوامل**: تُعامَل تلقائيًا معاملةً فئوية الأعمدةُ النصّية وأعمدة FALSE/TRUE وأعمدة العوامل في R --- فلا تستطيع دخول النموذج إلا بوصفها عوامل. أما العمود **العددي** (كرمز منطقةٍ أو طرازٍ عددي) فلا يصير عاملًا إلا حين تؤشّر مربع **عامل** الخاص به؛ ولا يستنتج mgcvUI الفئوية قط من مدى قيم عمودٍ عددي، فتبقى المتنبئات العددية المنفصلة مثل `bath_count` متصلةً (مُنعَّمة). والدور الخاص مستقلٌّ عن قرار العَوملة.

> **تنبيه:** راجع عمود القيم المفقودة في جدول المتنبئات بعد الاستيراد. فالأعمدة كثيرةُ القيم المفقودة قد تتسبّب في إسقاط صفوف. والأعمدة التي فيها $50\% \leq$ قيمٌ مفقودة تُعلَّم بالأحمر وتُستبعد تلقائيًا.

5.2 موضع صف العقار موضوع التقييم

في نمط **التقييم**، **يجب أن يكون الصف 1 هو العقار موضوع التقييم**. وسائر الصفوف مبيعاتٌ مقارِنة. ويُستبعد صف العقار موضوع التقييم من ملاءمة النموذج. ومع ذلك يولّد النموذج بعد الملاءمة تنبؤاتٍ لصف العقار موضوع التقييم.

وفي نمط **تحليل منطقة السوق**، يكون وضع العقار موضوع التقييم في الصف 1 اختياريًا.

أما في النمط **العام** فلا معاملة خاصة للصفوف --- إذ تُعامَل الصفوف كلها معاملةً واحدة.

3 النمط العام

1.3 نظرة عامة

النمط العام هو النمط الافتراضي عند تشغيل mgcvUI. وهو يوفّر سير عمل النماذج الجمعية المعمّمة كاملًا لأي مجموعة بيانات --- لا للعقارات وحدها. فيمكنك استعمال mgcvUI للبيانات العلمية، أو التحليل المالي، أو الدراسات الهندسية، أو أي مسألة انحدارٍ تُتوقَّع فيها علاقاتٌ لاخطية ملساء.

وفي النمط العام تُسقِط الواجهةُ الخصائصَ الخاصة بالعقارات (الأعمدة الخاصة، وعمر البيعة، وRCA). ويُبسَّط الشريط الجانبي ليتركّز على انتقاء المتغيرات، وضبط المعاملات، وملاءمة النموذج، والتصدير.

2.3 سير العمل في الشريط الجانبي

يُنظَّم الشريط الجانبي في أقسامٍ مرقّمة قابلة للطي تقودك من اختيار المشروع إلى تصدير التقرير. ولا يظهر معظم الأقسام إلا بعد فتح مشروعٍ نشط، وبعضها خاصٌّ بغرض المشروع. ويُشتقّ مجلد المخرجات من المشروع النشط --- فلا يوجد حقلٌ منفصل لمجلد المخرجات.

1. المشروع --- أنشئ مشروعًا أو افتحه. والمشروع يحدّد الغرض وموقع العمل (البلد والولاية والمقاطعة والمدينة) ومجلدَي إدخاله (`/<os>_in/`) ومخرجاته. وتُخزَّن المشاريع تحت جذرٍ مشترك هو `regProj` (وافتراضه `~/regProj`)، ويمكن تجاوزه بمتغير البيئة `REGPROJ_ROOT` أو من قائمة الإعدادات المنسدلة)، وهي مشتركةٌ مع التطبيقين الشقيقين earthUI وglmnetUI، فتقيم نماذج الثلاثة جميعًا جنبًا إلى جنب. وانقر **إغلاق المشروع** للتبديل.

2. استيراد البيانات --- اختر ملف CSV أو Excel من مجلد إدخال المشروع النشط. وأضف الملفات إلى المجلد عبر Explorer/Finder، ثم انقر **تحديث** لإدراجها. وفي ملفات Excel متعددة الأوراق يظهر منتقي أوراق. وتُحوَّل أسماء الأعمدة تلقائيًا إلى snake_case.

3. الاستيراد من earthUI (اختياري) --- استورد ملف نتيجة earthUI بصيغة `rds`. لتبذير النموذج الجمعي المعمّم بمواضع عُقدٍ اكتشفها earth (ولتبذير انتقاء المتغيرات). وهذه الخطوة اختيارية --- فتخطَّها إن لم تكن لديك نتيجةُ earthUI لاستيرادها.

4. ضبط المتغيرات --- منتقي المتغير الهدف، وتحويل المستجيب (بلا تحويل، أو لوغاريتم طبيعي، أو لوغاريتم عشري)، وجدول المتنبئات بمربعات تأشير للإدراج والعَومَلة والخطية. ولا يظهر عمود ``الخاص" إلا في نمطَي التقييم والسوق. انظر الفصل 6 للتفاصيل الكاملة.

5. معاملات استدعاء Mgcv --- كل ضبط النموذج: الإعدادات المسبقة للمعاملات، والعائلة، والطريقة، وغاما، والتحقق المتقاطع، و`select`، ونوع الأساس، وk، ونوع الموتر، ومصفوفة التفاعلات، والمعاملات المتقدمة. انظر الفصل 7 للمرجع الكامل للمعاملات.

6. ملاءمة نموذج Mgcv GAM --- الزرّ الذي يشغّل النموذج. وتظهر النتائج في الألسنة على اليمين.

7. تنزيل المخرجات --- يصدّر التنبؤات والبواقي ودرجات CQA وإسهامات كل متغير في ملف Excel إلى مجلد مخرجات المشروع. ومتاحٌ في جميع أنماط الغرض بعد ملاءمة النموذج.

8. حساب تعديلات RCA وتنزيلها --- يحسب تعديلات RCA لكل متغير في كل مقارِن، ويستكمل باقي العقار موضوع التقييم عبر CQA. ولا يظهر إلا في نمطَي التقييم والسوق، بعد الملاءمة.

9. توليد شبكة المبيعات وتنزيلها --- يولّد شبكة المقارنة بالمبيعات، مُوصيًا بالمقارنات بحسب نسبة التعديل الإجمالي. ولا يظهر إلا في نمط التقييم.

10. توليد تقرير Quarto --- يكتب حزمة تقرير Quarto (`qmd`.) مكتفيةً بذاتها --- بكل الرسوم والجداول --- في مجلد مخرجات المشروع. ومتاحٌ بعد ملاءمة النموذج.

11. تحويل تقرير Quarto --- يصيّر حزمة `qmd`. المولّدة إلى HTML أو Word أو PDF. ويقتضي PDF وجود تنصيبٍ لـLaTeX؛ فإن لم يُرصد أيٌّ منها أُخفي خيار PDF. انظر الفصل 13.

وتُسقَط الخطوات الخاصة بغرضٍ بعينه (ويُعاد ترقيم الباقي) في الأنماط الأخرى: ففي نمط السوق تغيب خطوة شبكة المبيعات، وفي النمط العام تغيب خطوتا RCA وشبكة المبيعات معًا.

3.3 الاستيراد من earthUI (اختياري)

يتيح لك القسم 3 من الشريط الجانبي --- **الاستيراد من earthUI** --- استيراد ملف نتيجة earthUI بصيغة `rds`.. وهذا يفعّل خطّ mgcv--earth: إذ تصير مواضع العُقد التي استمدّها earth من البيانات نقاطَ ارتكازٍ للحدود الملساء في النموذج الجمعي المعمّم.

وحين تُستورد نتيجة earthUI، يقوم mgcvUI بما يأتي:

- يعرض ملخّصًا يبيّن المتغير الهدف، وR تربيع، وعدد الحدود، ومواضع العُقد لكل متغير.
- ينتقي تلقائيًا الإعداد المسبق ``خطّ Earth" للمعاملات (أساس شرائح الانحدار التكعيبية، وغاما 1.4 =).

- يضبط المتغير الهدف ليطابق هدف earth.
- يؤشّر مسبقًا خانةَ الإدراج لمتغيرات earth المتنبئة.
- يؤشّر مسبقًا خانةَ العَوملة لمتغيرات earth الفئوية، وخانةَ الخطية لمتنبئاته الخطية.
- يملأ مسبقًا التفاعلات التي رصدها earth (مُعلَّمةً بالأصفر في مصفوفة التفاعلات، ومقفلةً عن التعديل اليدوي).
- يوفّر زرّ **تصدير العُقد بصيغة CSV** لتنزيل عُقد earth ملفَّ CSV.

ثم يعرض جدول ضبط المتغيرات ملاحظةً توضّح أن انتقاء المتغيرات (الإدراج، والخطية، والعَوملة) وعُقد الشرائح **مُبذَّرة** من نموذج earth. وبخلاف glmnetUI، حيث تكون ملاءمة glmnet مقيَّدة بأساس earth، يلائم mgcvUI النموذج الجمعي المعمّم انطلاقًا من انتقاءاتك الحالية --- فـearth لا يقدّم إلا انطلاقةً مبكّرة، وتبقى كل عناصر التحكّم قابلة للتحرير.

ويزيل زرّ **مسح** بياناتِ earth المستوردة ويعيد الضبط إلى النمط المستقل.

4.3 ألسنة اللوحة الرئيسة

بعد استيراد البيانات توفّر اللوحة الرئيسة الألسنة الآتية (وتُملأ الألسنة المتوقّفة على النموذج بعد الملاءمة):

اللسان	المحتوى
البيانات	جدول DataTable تفاعلي للبيانات المستوردة. وفي نمطَي التقييم والسوق يُقسَم إلى جدول العقار موضوع التقييم وجدول المبيعات المقارِنة.
المعادلة	صيغة النموذج الجمعي المعمّم كاملةً مُصيَّرةً بـMathJax، مع جدولٍ بتعريفات الدوال الملساء.
الملخّص	المقاييس الرئيسة (R^2، وR^2 للتحقق المتقاطع، والانحراف المفسَّر، وAIC، وn، وعدد الملساوات) وجداول الحدود الملساء والمعلمية.
أهمية المتغيرات	رسمٌ شريطي أفقي لإحصاءات F (للحدود الملساء) وقيم $\lvert t \rvert$ (للحدود المعلمية)، مع جدولٍ مرتَّب.
الإسهام	منحنيات الأثر الجزئي الملساء التفاعلية بـplotly، بأشرطة ثقةٍ وعلاماتٍ لعُقد earth.
الارتباط	خريطةٌ حرارية لارتباطات المتنبئات العددية (متاحة قبل الملاءمة).
التشخيصات	البواقي في مقابل القيم المُلائَمة، ورسم Q-Q، والمدرَّج التكراري، والمستجيب في مقابل القيم المُلائَمة (عبر `gratia`). وانتشار الفعلي في مقابل المتنبأ به.
تعديلات RCA	مدرَّجات تحليل RCA (في نمطَي التقييم والسوق، بعد الحساب).
تحليل التباين	جدول تحليل تباينٍ يجمع الحدود المعلمية والملساء.
مخرجات Mgcv	نصٌّ خام: التوقيت، والصيغة، وملخّص النموذج، والعائلة، والتقوّس المشترك.
فحص الإشارة	فحص اتساق الاتجاه بين earth والنموذج الجمعي المعمّم (عند استيراد earth).
التقوّس المشترك	مصفوفتا التقوّس المشترك الإجمالية والثنائية مع ترميزٍ لوني.
فحص الأساس	اختبارات كفاية بُعد الأساس بـ`gam.check()`.

5.3 بقاء الإعدادات

يحفظ mgcvUI ضبطك تلقائيًا في قاعدة بيانات SQLite، مفهرسًا باسم ملف الإدخال. وحين تعيد تحميل الملف نفسه تُستعاد الإعدادات كلها: انتقاء الهدف، ومربعات تأشير المتنبئات، وأنواع البيانات، ومعاملات mgcv، ومصفوفة التفاعلات. أما الغرض فخاصّةٌ من خصائص المشروع النشط لا إعدادًا عامًّا، ويُتذكَّر ملفُ الإدخال المستعمل آخر مرة لكل مشروع ويُحمَّل تلقائيًا عند إعادة فتحه.

6.3 النمط الداكن

انقر أيقونة القمر/الشمس في الركن الأعلى لتبديل السمة بين Nord Light وNord Dark. وتُحفظ السمة المفضّلة في `localStorage` وتبقى عبر الجلسات. وتتكيّف كل عناصر الواجهة مع السمة المختارة.

7.3 ضبط اللغة والمنطقة

يدعم mgcvUI أعرافًا دولية لتنسيق الأعداد وملفات CSV عبر نظام لغةٍ ومنطقة قائم على البلد. وتوفّر قائمة **الإعدادات** المنسدلة في شريط العنوان منتقيَي **البلد** و**الورق** لأكثر من ثلاثين بلدًا مدعومًا. ويضبط كل إعدادٍ مسبق ما يأتي:

- **فاصل CSV** --- الفاصلة (,) في الولايات المتحدة والمملكة المتحدة واليابان، أو الفاصلة المنقوطة (;) في معظم أوروبا.
- **العلامة العشرية** --- النقطة (.) أو الفاصلة (,).

- **فاصل الآلاف** --- الفاصلة (الولايات المتحدة والمملكة المتحدة واليابان)، أو النقطة (ألمانيا وإيطاليا وإسبانيا)، أو المسافة (فنلندا وفرنسا وبولندا ودول البلطيق)، أو الفاصلة العليا (سويسرا).
- **مقاس الورق** --- Letter (الولايات المتحدة وكندا والمكسيك) أو A4 (في سائر البلدان).

وانقر **حفظ** لتخزين تفضيلات اللغة والمنطقة حفظًا عامًّا. كما أن لقسم استيراد البيانات منتقيَ **لغة ومنطقة** لكل ملف على حدة، للاستيرادات العارضة التي تستعمل أعرافًا مختلفة. وتحمل قائمةُ الإعدادات المنسدلة نفسُها حقلَ **مجلد جذر regProj**، الذي ينقل شجرة المشاريع المشتركة بين mgcvUI وearthUI وglmnetUI.

> **تنبيه:** يتكيّف تنسيقُ الأعداد على محاور الرسوم وتسميات الميل تلقائيًا مع لغتك ومنطقتك. فالإعداد الألماني يستعمل النقاط للآلاف (*200.000*)، والفنلندي يستعمل المسافات (*200 000*)، والسويسري يستعمل الفواصل العليا (*200’000*). ولا تُعرض رموز العملات --- فـ*mgcvUI* محايدٌ إزاء العملة.

4 نمط التقييم

حين يكون غرض المشروع النشط **للتقييم**، يهيّئ mgcvUI نفسه لتقييم عقارٍ مفرد. وتبقى كل الخصائص الموصوفة في الفصل 3 متاحة؛ ولا يتناول هذا الفصل إلا الإضافات الخاصة بالتقييم.

1.4 معالجة صف العقار موضوع التقييم

في نمط التقييم، **يكون الصف 1 من مجموعة بياناتك هو العقار موضوع التقييم**، وسائر الصفوف مبيعاتٌ مقارِنة. ويجب أن يكون ملف إدخالك منظَّمًا على هذا النحو (انظر الفصل 2). ويمكن ترك سعر بيع العقار موضوع التقييم فارغًا أو ضبطه على أي قيمة --- إذ يعامله mgcvUI تلقائيًا معاملة القيمة المفقودة أثناء الملاءمة.

وبعد الملاءمة يولّد النموذج تنبؤاتٍ لصف العقار موضوع التقييم، وهي أساس سير عمل تعديلات RCA.

2.4 التاريخ الفعّال وعمر البيعة

في نمطَي التقييم والسوق يظهر حقل **التاريخ الفعّال** في قسم ضبط المتغيرات (وافتراضه تاريخ اليوم). فإن عيّنت عمودًا `contract_date` في قائمة ``الخاص" المنسدلة، حسب mgcvUI عمودًا باسم `sale_age` --- وهو عدد الأيام الصحيحة بين تاريخ التعاقد على كل بيعة والتاريخ الفعّال. ويُضاف هذا العمود متنبئًا.

وحين يتغيّر التاريخ الفعّال يُعاد حساب `sale_age` تلقائيًا.

3.4 تعيينات الأعمدة الخاصة

في نمطَي التقييم والسوق تظهر قائمة **الخاص** المنسدلة لكل متنبئ في جدول ضبط المتغيرات. انظر الفصل 6 للمرجع الكامل للأنواع الخاصة وآثارها.

4.4 نظرة عامة على تعديلات RCA

يحسب زرّ **حساب تعديلات RCA وتنزيلها** (ويظهر في نمطَي التقييم والسوق بعد الملاءمة) تعديلاتٍ مستمدّةً من السوق لكل مقارِنٍ نسبةً إلى العقار موضوع التقييم. وسير عمل RCA كاملًا موصوفٌ في الفصل 11.

> **تنبيه:** درجة *CQA* التي تُسنِدها إلى العقار موضوع التقييم تتحكّم في مقدار ما يُنسب إليه من توزيع البواقي. والدرجة *5.00* تضعه عند وسيط المقارنات.

5 نمط تحليل منطقة السوق

حين يكون غرض المشروع النشط **تحليل منطقة السوق**، يوفّر mgcvUI الخصائصَ الخاصة بالعقارات نفسَها التي يوفّرها نمط التقييم (الأعمدة الخاصة، وعمر البيعة)، لكنه موجَّهٌ نحو تحليل مجموعةٍ من العقارات لا نحو تقييم عقارٍ مفرد.

1.5 الفروق عن نمط التقييم

- **معالجة صف العقار موضوع التقييم مرنة** --- ففي نمط السوق لا يُعامَل الصف 1 تلقائيًا معاملة عقارٍ موضوع تقييم.
- **لا شبكة مبيعات** --- فخطوة ``توليد شبكة المبيعات وتنزيلها'' غير متاحة.

2.5 متى يُستعمل نمط السوق

يناسب نمط تحليل منطقة السوق حين تكون:

- تبني نموذجًا جمعيًا معمّمًا لحيٍّ أو منطقة سوقٍ لفهم محرّكات القيمة اللاخطية
- تحلّل كيف تؤثّر متغيراتٌ كالمساحة بالأقدام المربعة والعمر ومساحة الأرض والموقع في أسعار البيع عبر مجموعةٍ من العقارات
- تعدّ إسنادًا لتحليل ظروف السوق أو لترسيم حدود الحي
- تعمل على مجموعة بياناتٍ تريد فيها خصائص الأعمدة الخاصة (عمر البيعة) من غير أن تحتاج إلى سير عمل شبكة المبيعات

> **تنبيه:** نمط السوق مفيدٌ أيضًا لانحدار العقارات العام حين تريد خصائص الأعمدة الخاصة من غير أن تحتاج إلى سير عمل تقييم العقار المفرد.

6 انتقاء المتغيرات

القسم 4 من الشريط الجانبي --- **ضبط المتغيرات** --- هو حيث تختار أي الأعمدة يشارك في النموذج وكيف يُعامَل.

1.6 المتغير الهدف

تُدرِج قائمة **المتغير الهدف (المستجيب)** المنسدلة أعلى القسم 4 كلَّ عمودٍ عددي في مجموعة بياناتك. فاختر عمودًا واحدًا متغيرًا مستجيبًا (كسعر البيع مثلًا). ويُستبعد عمود الهدف تلقائيًا من قائمة المتنبئات.

2.6 تحويل المستجيب

أسفل منتقي الهدف تقدّم قائمة **تحويل المستجيب** المنسدلة ثلاثة خيارات:

- **بلا تحويل (خام)** --- استعمل المستجيب كما هو. وهو ملائمٌ حين تكون العلاقة بين المتنبئات والمستجيب جمعيةً تقريبًا على المقياس الأصلي.
- **اللوغاريتم الطبيعي** --- طبّق تحويل اللوغاريتم الطبيعي قبل الملاءمة. وعند التحويل العكسي تصير التعديلات نسبيةً (بالنسبة المئوية) لا مطلقةً (بالدولار). وهو مفيدٌ خصوصًا لأسعار البيع، حيث يعني تعديلٌ قدره $10,000 أشياءَ شديدة الاختلاف عند مستوياتٍ سعرية مختلفة.
- **اللوغاريتم العشري** --- طبّق تحويل اللوغاريتم للأساس 10.

> **تنبيه:** التحويل اللوغاريتمي يجعل التعديلات الزمنية نسبيةً (بالنسبة المئوية) بدل أن تكون مطلقةً (بالدولار). وفي نماذج العقارات الممتدّة على مدًى سعري واسع، كثيرًا ما تنتج التحويلات اللوغاريتمية بواقيَ أحسنَ سلوكًا.

وعند اختيار تحويلٍ لوغاريتمي تُرشَّح تلقائيًا القيمُ $0 \leq$ في المستجيب. وتُعاد كل المخرجات (التنبؤات والإسهامات والبواقي) تلقائيًا إلى المقياس الأصلي بالتحويل العكسي.

3.6 جدول المتنبئات

أسفل منتقي الهدف يُدرِج جدولٌ قابل للتمرير كلَّ عمودٍ متبقٍّ. وتستعمل أعمدةُ مربعات التأشير عناوينَ رأسية مُدارة توفيرًا للمساحة. وترتيب الأعمدة كالآتي:

العمود	الوصف
`Variable`	اسم العمود (بخطٍّ ثابت العرض، مقتطعًا بثلاث نقاط). خليةٌ محاطة بإطار.
`Type`	قائمة نوع البيانات المنسدلة: numeric، integer، character، factor، logical، Date، POSIXct. قائمةٌ منسدلة محاطة بإطار.
`Include`	مربع تأشير --- أدرِج هذا العمود متنبئًا في النموذج. بعنوانٍ رأسي.
`Factor`	مربع تأشير --- عامِله عاملًا فئويًا (ينشئ معاملًا لكل مستوى). بعنوانٍ رأسي.
`Linear`	مربع تأشير --- افرض علاقةً خطية (بلا ملساء، مجرّد βx). بعنوانٍ رأسي.
`Special`	قائمة منسدلة (في نمطَي التقييم والسوق فقط) --- انظر مرجع أنواع الأعمدة الخاصة أدناه. قائمةٌ منسدلة محاطة بإطار.
`NAs`	عدد القيم المفقودة ونسبتها المئوية، بترميزٍ لوني: أحمر ($\geq 50\%$)، وبرتقالي ($\geq 20\%$)، ورمادي (> 0). خليةٌ محاطة بإطار.

العَولمة في مقابل الملساء في مقابل الخطية: تحصل المتغيرات العددية المُدرَجة افتراضًا على حدٍّ أملس $f(x)$. وتأشيرُ **العامل** ينشئ حدًّا فئويًا (معاملًا لكل مستوى). وتأشيرُ **الخطية** ينشئ حدًّا خطيًا بسيطًا βx بدل الملساء. أما المتغيرات المؤشَّرة عاملًا وخطيةً معًا فتُعامَل معاملة العامل.

4.6 رصد أنواع البيانات وتجاوزه

يرصد mgcvUI أنواع البيانات تلقائيًا عند الاستيراد. فيتعرّف الأعمدة العددية والصحيحة والمنطقية والعاملية وأعمدة التواريخ. ويمكنك تجاوز أي رصدٍ بتغيير قائمة **النوع** المنسدلة. وتغييرُ الأنواع يؤثّر في كيفية معاملة العمود في النموذج.

5.6 مرجع أنواع الأعمدة الخاصة

في نمطَي التقييم والسوق توفّر قائمة **الخاص** المنسدلة الخيارات الآتية:

الترجيح:

- `weight` --- عمود وزن المشاهدة (ولا يُسمح إلا بواحد؛ وتُستبعد من الملاءمة الصفوفُ ذات الوزن 0)

أنواع التاريخ والوقت:

- `contract_date` --- يستدعي الحساب التلقائي لـ`sale_age` من التاريخ الفعّال
- `sale_age` --- يعرّف عمود عمر بيعةٍ محسوبًا مسبقًا (الأيام من التاريخ الفعّال)، ويُستعمل كما هو
- `listing_date` --- يُستعمل احتياطيًا لحساب أيام العرض في السوق
- `dom` --- يعرّف عمود أيام العرض في السوق

نوع السجل:

- `sale_type` --- يعرّف عمود نوع السجل الذي يميّز العقار موضوع التقييم من المبيعات المقارِنة

الأنواع النقدية:

- `concessions` --- يعرّف التنازلات البيعية (ائتمانات البائع، وحوافز المشتري، وغيرها)

أنواع الحجم والموقع:

- `latitude` --- تُقرَّب القيم تلقائيًا إلى ثلاث منازل عشرية
- `longitude` --- المعاملة نفسها في التقريب كخط العرض
- `area` --- معرّف منطقة السوق أو الحي
- `living_area` --- يتيح حسابات البواقي للقدم المربعة (`residual_sf` و`cqa_sf`)
- `lot_size` --- عمود مساحة الموقع
- `site_dimensions` --- يُجمَّع مع مساحة الأرض

أنواع العمر:

- `actual_age` --- عمود عمر العقار
- `effective_age` --- العمر الفعّال للعقار

أنواع العرض:

- `display_only` --- يُدرَج العمود في تصديرات Excel لكنه يُستبعد من ملاءمة النموذج بالكامل. استعمل هذا لحقول العناوين، أو أرقام MLS، أو معرّفات القطع، أو غيرها من البيانات المرجعية.

> **تنبيه:** الأعمدة المعيَّنة `display_only` تبقى في مجموعة بياناتك وتظهر في تصدير *Excel*، لكنها تُستبعد من جدول المتنبئات بالكامل. استعمل هذا لأعمدة المعرّفات، أو العناوين، أو غيرها من الحقول المرجعية.

7 انتقاء المعاملات

القسم 5 من الشريط الجانبي --- **معاملات استدعاء Mgcv** --- يتيح الوصول إلى كل خيارات ضبط النموذج الجمعي المعمّم. ولكل معاملٍ أيقونة مساعدةٍ زرقاء (؟) تحمل شرحًا في تلميحٍ منبثق.

1.7 الإعدادات المسبقة للمعاملات

تقدّم قائمةٌ منسدلة في الأعلى إعدادين مسبقين يضبطان افتراضاتٍ معقولة لسيرَي عملٍ شائعين:

الإعداد المسبق	الأساس	الإعدادات
مستقلّ (الاستكشاف)	tp (الصفيحة الرقيقة)	k تلقائي (10)، وغاما 1.2 =، و`select = TRUE`
خطّ Earth (الصقل)	cr (الانحدار التكعيبي)	k تلقائي (10)، وغاما 1.4 =، و`select = TRUE`

ويُنتقى الإعداد المسبق **خطّ Earth** تلقائيًا عند استيراد عُقد earthUI. وأساسُ شرائح الانحدار التكعيبية (`cr`) لازمٌ لدمج عُقد earth، لأنه يتيح تحديد مواضع عُقدٍ بعينها.

2.7 العائلة

اختر عائلة التوزيع لمتغيرك المستجيب:

العائلة	حالة الاستعمال
gaussian	المستجيبات المتصلة (كسعر البيع). وهي الأشيع.
Gamma	المستجيبات المتصلة الموجبة التي يتناسب تباينها مع المتوسط.
poisson	بيانات العدّ (كعدد المبيعات).
binomial	النتائج الثنائية.
inverse.gaussian	البيانات الموجبة الشديدة الالتواء يمينًا.

3.7 الطريقة

طريقة تقدير معامل التنعيم:

الطريقة	الوصف
REML	الأرجحية العظمى المقيَّدة (الافتراض، ومُوصى بها). وهي الأحصنُ إزاء فرط الملاءمة.
GCV.Cp	التحقق المتقاطع المعمَّم. وينزع إلى انتقاء نماذجَ أعقدَ قليلًا.
ML	الأرجحية العظمى. شبيهةٌ بـREML لكنها قد تُقصّر في التنعيم.
P-REML	صيغة بيرسون من REML.
P-ML	صيغة بيرسون من ML.
GACV.Cp	التحقق المتقاطع التقريبي المعمَّم.

4.7 غاما (مُضاعِف التنعيم)

يضرب المعامل غاما درجاتِ الحرية الفعّالة في معيار التنعيم، فيشجّع ملاءماتٍ أكثر ملاسةً (أقلّ تموّجًا). والافتراض 1.2.

القيمة	الأثر
1.0	تنعيمٌ معياري
1.2–1.4	أملسُ قليلًا من الافتراض (مُوصى به)
2.0+	أملسُ بكثير --- ملائمٌ للبيانات المشوَّشة أو العينات الصغيرة

وقيم غاما الأعلى تحرس من فرط الملاءمة بأن تجازي التعقيد مجازاةً أشدّ. ويستعمل الإعداد المسبق ``خطّ Earth" القيمة 1.4 لمزيدٍ من التنعيم عند صقل عُقد earth.

5.7 التحقق المتقاطع

حين يكون مؤشَّرًا (وهو الافتراض)، يجري mgcvUI تحققًا متقاطعًا بعشر طيّات بعد الملاءمة لحساب R تربيع بالتحقق المتقاطع. وهذا يعطي تقديرًا أمينًا للقدرة التنبؤية خارج العيّنة.

6.7 Select (التقليص)

حين يكون مؤشَّرًا (وهو الافتراض)، يضيف جزاءً إضافيًا إلى كل حدٍّ أملس يستطيع تقليصه إلى الصفر. وهذا يتيح انتقاءً تلقائيًا للمتغيرات --- إذ تُزال فعليًا من النموذج الحدودُ الملساء غير المهمة. ويُنفَّذ عبر `select = TRUE` في `gam()`.

7.7 الأساس الافتراضي

نوع دالة أساس الشريحة للحدود الملساء:

الأساس	الاسم الكامل	الوصف
tp	شريحة الانحدار ذات الصفيحة الرقيقة	الافتراض. ومتماثلة المناحي (لا تحتاج إلى وضع عُقد). وخيارٌ عام جيد.
cr	شريحة الانحدار التكعيبية	تتيح وضع العُقد صراحةً. ولازمةٌ لدمج عُقد earth.
ps	شريحة P	أساس شرائح B متساوي التباعد بجزاء فروق. وكفءٌ حسابيًا.
bs	شريحة B	أساس شرائح B مرن.

8.7 قيمة k الافتراضية (بُعد الأساس)

يتحكّم بُعد الأساس k في أقصى تموّجٍ لكل ملساء. والقيمة 0 (وهي الافتراض) تعني ``تلقائي" --- فيستعمل mgcvUI القيمة $k = 10$ أو عدد عُقد earth، أيّهما أنسب.

- **k صغيرة (5–3)**: منحنياتٌ شديدة الملاسة، تكاد تكون خطية.
- **k متوسطة (15–8)**: مرونةٌ معتدلة (وتكفي عادةً).
- **k كبيرة (+20)**: مرونةٌ عالية جدًا --- مع خطر فرط الملاءمة من غير انتظامٍ قوي.

> **تنبيه:** تخبرك درجاتُ الحرية الفعّالة (*EDF*) في لسان الملخّص بعدد درجات الحرية التي تستعملها كل ملساء فعلًا. فإن قاربت *EDF* القيمةَ $k - 1$، فقد يكون الأساس أصغرَ ممّا ينبغي --- فزِد k. وإن كانت *EDF* أقلَّ بكثير من k، فالملساء مُجازاةٌ جيدًا.

9.7 نوع الموتر

للتفاعلات بين المتغيرات المتصلة، يتاح نوعان من الجداءات الموترية:

النوع	الدالة	الوصف
ti	`ti(x1, x2)`	التفاعل الموتري --- ينمذج أثر التفاعل وحده، وتتولّى حدودُ `s()` أحاديةُ المتغير الآثارَ الرئيسة على حدة. ويُفضَّل لقابلية التفسير.
te	`te(x1, x2)`	الجداء الموتري --- ينمذج الأثر المشترك كاملًا بما فيه الآثار الرئيسة. ويصعب تفكيكه لتعديلات RCA.

10.7 التفاعلات المسموح بها

يعرض قسمٌ قابل للطي باسم **التفاعلات المسموح بها** مصفوفةَ مربعات تأشيرٍ مثلثية علوية لكل المتنبئات الملساء المُدرَجة (غير الخطية وغير العاملية). ويفعّل كل مربع تأشيرٍ ملساءَ جدائيةً موترية بين زوج المتغيرات المقابل.

- **السماح بالكل / مسح الكل** --- زرّا تبديلٍ جماعي.
- **انقر اسم متغير** --- بدِّل كل تفاعلات ذلك المتغير.
- **انقر بالزرّ الأيمن على اسم متغير** --- ``المنع من الأثر الرئيس" --- يعلّم المتغير للاستعمال في التفاعل وحده (بلا ملساءٍ أحادية المتغير).

وحين تُستورد عُقد earthUI، تُؤشَّر مسبقًا التفاعلاتُ التي رصدها earth وتُقفل (مُعلَّمةً بخلفيةٍ صفراء). وإن كان نموذج earth قد استعمل الدرجة 1 = (بلا تفاعلات)، عُرضت رسالةٌ إعلامية.

> **تحذير**
>
> تفعيل التفاعلات الموترية يزيد تعقيد النموذج زيادةً كبيرة. فاستعمل التفاعلات حين تكون لديك معرفةٌ بالمجال أو بيّنةٌ رصدها earth تسندها. وتحقّق من أن التعديلات الناتجة معقولةٌ وقابلة للشرح.

11.7 تفاعلات العامل مع الملساء

تظهر مصفوفةٌ منفصلة باسم **تفاعلات العامل مع الملساء** حين تُدرَج متغيراتٌ عاملية وملساء معًا. وينشئ كل مربع تأشيرٍ حدًّا من الصورة `s(x, by = factor)` --- أي منحنًى أملسَ منفصلًا لكل مستوى من مستويات العامل.

12.7 المعاملات المتقدمة

يعرض قسمٌ قابل للطي باسم ``متقدم" إعداداتٍ إضافية:

- **المُحسِّن** --- خوارزمية تقدير معامل التنعيم: `outer/newton` (الافتراض)، أو `outer/bfgs`، أو `efs` (فلنر-شال الموسَّعة).
- **المقياس** --- معامل المقياس. و0 (الافتراض) تعني التقدير من البيانات. واضبطه على قيمةٍ معلومة في النماذج ثابتة المقياس.
- **طريقة المتغيرات المرافقة المنفصلة** --- ملاءمةٌ سريعة بالتقطيع لمجموعات البيانات الكبيرة (`discrete = TRUE`).
- **الخيوط** --- عدد الخيوط المتوازية (1–32). ولا يكون فعّالًا إلا حين `discrete = TRUE`.

8 ملاءمة النموذج

1.8 زرّ الملاءمة

يحتوي القسم 6 من الشريط الجانبي على زرّ **ملاءمة نموذج Mgcv GAM**. ونقره يشغّل النموذج بضبطك الحالي.

2.8 ماذا يجري أثناء الملاءمة

حين تنقر ``ملاءمة" يقوم mgcvUI بما يأتي:

1. **يتحقّق من صحة الضبط** --- فيتأكّد من وجود متنبئٍ واحد على الأقل وعشرة صفوفٍ كاملة على الأقل. ويحذّر إن كان أقلّ من 50% من الصفوف كاملًا (مُدرِجًا الأعمدة المسؤولة عن معظم القيم المفقودة).
2. **يهيّئ البيانات** --- فيقصرها على الأعمدة ذات الصلة بالنموذج وحدها، ويحذف الصفوف ذات القيم المفقودة، ويطبّق الأوزان (إن عُيِّنت)، ويستبعد صف العقار موضوع التقييم (في نمط التقييم)، ويطبّق تحويلات المستجيب.
3. **يبني صيغة النموذج الجمعي المعمّم** --- فينشئ حدودًا ملساء `s(x, bs="cr", k=10)` للمتنبئات العددية، وحدودًا عاملية للفئوية، وحدودًا خطية للمتغيرات المعلَّمة بالخطية، وجداءاتٍ موترية للتفاعلات المختارة. وتُضمَّن عُقد earth مواضعَ عُقدٍ صريحة في حدود الأساس `cr`.
4. **يعالج الحالات الحدّية** --- فيُسقط المتغيرات الثابتة، ويحوّل المتنبئات الثنائية إلى عوامل، ويحدّ k بعدد القيم المتمايزة ناقصًا واحدًا، ويزيد عُقد earth بكمّيات البيانات حين يلزم مزيدٌ من العُقد.
5. **يلائم النموذج الجمعي المعمّم** --- فيستدعي `mgcv::gam()` بالصيغة المبنيّة والعائلة والطريقة وغاما و`select` وسائر المعاملات.
6. **يجري التحقق المتقاطع** (إن كان مفعَّلًا) --- بعشر طيّاتٍ لحساب R تربيع خارج العيّنة.
7. **يحدّث كل ألسنة النتائج** --- فتُملأ ألسنة الملخّص والمعادلة ورسوم الإسهام والتشخيصات وسائر الألسنة.

3.8 الملاءمة في الخلفية وتتبّع التقدّم

حين تكون حزمة `callr` متاحة، تجري ملاءمة النموذج في عمليةٍ خلفية فيبقى التطبيق مستجيبًا. وتعرض طبقةُ تقدّمٍ داكنة على هيئة طرفيّة:

- **مؤقّتًا** يعرض الثواني أو الدقائق المنقضية.
- **سجلّ تتبّعٍ مرمَّزًا بالألوان**: أزرق للحالة، وأصفر لتقدّم طيّات التحقق المتقاطع، وأحمر للأخطاء، وأخضر للنتائج.
- زرّ **إجهاض** لقتل عملية الملاءمة عند الحاجة.
- زرّ **إغلاق** يظهر بعد الإتمام.

وإن لم تكن `callr` متاحة، جرت الملاءمة تزامنيًا (فيتجمّد التطبيق حتى تكتمل).

وبعد الملاءمة بنجاح تظهر علامةُ تأشيرٍ بيضاء على زرّ الملاءمة، ويعرض سطرُ حالةٍ: ``R-sq = X, CV R-sq = X, Dev = X%, AIC = X, n = X".

9 ألسنة النتائج

1.9 البيانات

يعرض البيانات المستوردة في جدول DataTable تفاعلي بتمريرٍ أفقي وخمسة عشر صفًّا في الصفحة. وفي نمطَي التقييم والسوق يُقسَم اللسان إلى جدول **العقار موضوع التقييم** (الصف 1) وجدول **المبيعات المقارِنة** (بقية الصفوف)؛ أما في النمط العام فيُعرض جدولٌ واحد.

وتُبقى كل خليةٍ في سطرٍ واحد وتُقتطع إلى عرض العمود، كي لا تمدّ الحقولُ النصّية الحرّة العريضة (كملاحظات العقار) صفًّا على امتداد الصفحة. والنقرةُ المفردة تحدّد صفًّا؛ و**انقر نقرًا مزدوجًا على أي خلية** لفتح نافذةٍ منبثقة تعرض محتواها كاملًا غير مقتطع.

2.9 المعادلة

يعرض النموذج الجمعي المعمّم المُلائَم في جزأين:
معادلة النموذج (مُصيَّرةً بـMathJax):

- يعرض الطرف الأيسر المستجيبَ بتحويله المناسب (اللوغاريتم الطبيعي أو العشري) ودالةِ الربط.
- ويعرض الطرف الأيمن قيمةَ الحدّ الثابت، والحدودَ الملساء على الصورة (المتغير)f_i، والحدودَ العاملية مجمَّعةً بحسب المتغير مع أعداد المستويات، والحدودَ الخطية بقيم معاملاتها.
- وتُعرض العائلة والطريقة فوق المعادلة.

جدول **تعريفات الدوال الملساء**:

- نصّ صيغة الحدّ (مثل `s(living_sqft, bs="cr", k=8)`)
- اسم المتغير
- النوع (s أو te أو ti أو خطي)
- نوع دالة الأساس
- قيمة k
- مواضع عُقد earth (إن استُوردت)

3.9 الملخّص

ست بطاقات مقاييس معروضة في الأعلى:

- **R تربيع** --- نسبة الانحراف المفسَّر
- **R تربيع بالتحقق المتقاطع** --- (إن كان التحقق المتقاطع مفعَّلًا)
- **نسبة الانحراف المفسَّر** --- النسبة المئوية من الانحراف المفسَّر
- **AIC** --- معيار أكايكي المعلوماتي
- **n** --- عدد المشاهدات المستعملة
- **الملساوات** --- عدد الحدود الملساء

وأسفل البطاقات:

- **جدول الحدود الملساء** --- الحدّ، ودرجات الحرية الفعّالة (EDF)، ودرجات الحرية المرجعية، وإحصاء F، وقيمة p
- **جدول الحدود المعلمية** --- الحدّ، والتقدير، والخطأ المعياري، وقيمة t، وقيمة p

4.9 أهمية المتغيرات

رسمٌ شريطي أفقي يبيّن الأهمية النسبية لكل حدٍّ في النموذج:

- **الحدود الملساء**: مرتَّبةً بإحصاء F (أشرطة زرقاء)
- **الحدود المعلمية**: مرتَّبةً بقيمة $|t|$ (أشرطة خضراء)

وأسفل الرسم يعرض جدول DataTable الحدَّ والنوع ودرجات الحرية الفعّالة والإحصاء وقيمة p، مرتَّبةً تنازليًا بالإحصاء.

5.9 رسوم الإسهام

لكل حدٍّ في النموذج يُسهم في القيمة المتنبأ بها رسمُ إسهامٍ تفاعلي بـplotly، يُعرض في بطاقةٍ محاطة بإطار. ويعرض اللسان رسومًا لكل أنواع الحدود:

1.5.9 الحدود الملساء أحادية المتغير --- $s(x)$

- **خطٌّ أزرق** بشريط ثقةٍ 95%
- **نقاط انتشارٍ رمادية** تبيّن البواقي الجزئية (في النماذج غير المحوَّلة لوغاريتميًا)
- **خطوطٌ رأسية حمراء متقطّعة** عند مواضع عُقد earth (إن استُورد earth)
- **تلميح التحويم**: قيمة المتغير، والإسهام (بالدولار)، وفترة الثقة 95%، والمعدّل (الميل لكل وحدة)

وفي **النماذج المحوَّلة لوغاريتميًا**، يُعاد المحور الرأسي بالتحويل العكسي إلى إسهاماتٍ بالدولار وفق الصيغة $\bar{y} \times (e^{f(x)} - 1)$، فتصير المنحنيات قابلةً للتفسير بالدولار مباشرةً.
وفي متغيرَي **خط العرض وخط الطول** يُعرض الميل لكل 0.001 درجة لا لكل درجة، لأن ذلك زيادةٌ جغرافية أدلّ.

2.5.9 حدود العامل مع الملساء --- $s(x, \mathbf{by} = \mathbf{factor})$

خطٌّ ملوَّن لكل مستوى من مستويات العامل، مركَّبةً كلها في رسمٍ واحد. وهو مفيدٌ لرؤية كيف يتفاوت أثر متنبئٍ عبر المجموعات (كالأحياء المختلفة).

3.5.9 حدود التفاعل --- $ti(x_1, x_2)$ و$te(x_1, x_2)$

خريطةٌ حرارية تبيّن سطح الإسهام ثنائي الأبعاد. وتدرّج الألوان: أحمر (سالب) → أبيض (صفر) → أزرق (موجب). ويعرض التحويم قيمتَي المتغيرين ومقدار الإسهام.

4.5.9 الحدود المعلمية --- الخطية والعاملية

- **الحدود الخطية العددية**: رسم انتشارٍ لنقاط البيانات مع خط الملاءمة مركَّبًا عليه
- **الحدود العاملية**: رسمٌ شريطي يبيّن متوسط الإسهام لكل مستوى من مستويات العامل

6.9 الارتباط

مصفوفةٌ حرارية تبيّن ارتباطات بيرسون بين كل المتنبئات العددية. وهي متاحةٌ فور استيراد البيانات --- من غير حاجةٍ إلى ملاءمة نموذج.

- تدرّج الألوان: أزرق (-1) → أبيض (0) → أحمر $(+1)$
- قيم الارتباط مطبوعةٌ في كل خلية
- مفيدةٌ في التعرّف على التقوّس المشترك (نظير التعدّد الخطي في الحدود الملساء) قبل الملاءمة

7.9 التشخيصات

مجموعتان من التصويرات التشخيصية:
لوحة التشخيص (عبر `gratia::appraise`): أربعة رسوم --- البواقي في مقابل القيم المُلائَمة، ورسم Q-Q، والمدرَّج التكراري للبواقي، والمستجيب في مقابل القيم المُلائَمة.
ورسم انتشار **الفعلي في مقابل المتنبأ به**: القيم المرصودة في مقابل المتنبأ بها مع خط إسنادٍ متقطّع بزاوية 45 درجة. وفي النماذج المحوَّلة لوغاريتميًا تُعاد القيم بالتحويل العكسي إلى المقياس الأصلي.

8.9 تعديلات RCA

ثلاثة مدرَّجاتٍ تكرارية تُعرض بعد حساب RCA (في نمطَي التقييم والسوق فقط):

- **نسبة تعديل الباقي** --- توزيع تعديلات الباقي بوصفها نسبةً مئوية من سعر البيع
- **نسبة صافي التعديل** --- توزيع صافي التعديلات
- **نسبة التعديل الإجمالي** --- توزيع التعديلات الإجمالية

ويعرض كل مدرَّجٍ المتوسطَ والوسيطَ والانحرافَ المعياري في عنوانه الفرعي، مع خطَّي إسنادٍ متقطّعين للمتوسط والوسيط.

9.9 تحليل التباين

جدول تحليل تباينٍ مجمَّع يدمج الحدود المعلمية والملساء من ملخّص النموذج الجمعي المعمّم. ويعرض الحدَّ والنوع (معلمي أو أملس) وكل الإحصاءات المرتبطة به.

10.9 مخرجات Mgcv

مخرجاتٌ نصّية خام تبيّن:

- توقيت الملاءمة
- صيغة النموذج الجمعي المعمّم
- مخرجات طباعة النموذج
- مخرجات `summary(model)` كاملةً
- العائلة ودالة الربط
- مقاييس التقوّس المشترك الإجمالية

11.9 فحص الإشارة

حين تُستورد عُقد earthUI، يقارن هذا اللسان اتجاه كل متغير في نموذج earth باتجاهه في النموذج الجمعي المعمّم:

- **earth_direction**: متزايد، أو متناقص، أو مختلط (بناءً على إشارات دوال المفصلة)
- **gam_direction**: متزايد، أو متناقص، أو مختلط (مُقدَّرًا من مشتقّة الملساء على شبكةٍ من مئة نقطة)
- **consistent**: FALSE/TRUE
- **warning**: وصف أي عدم تطابق

ويعرض سطر حالةٍ ``كل الاتجاهات متسقة'' أو عددَ المتغيرات التي فيها عدم اتساق.

12.9 التقوّس المشترك

التقوّس المشترك نظيرُ التعدّد الخطي في الحدود الملساء. ويعرض هذا اللسان:

- **جدول التقوّس المشترك الإجمالي**: صفوفٌ لمقاييس الأسوأ والمرصود والمقدَّر، وأعمدةٌ لكل حدٍّ أملس. بترميزٍ لوني: أبيض (أقل من 0.5)، وأصفر (0.5–0.8)، وأحمر (أكثر من 0.8).
- **جدول التقوّس المشترك الثنائي**: مصفوفة أسوأ الحالات الثنائية بالترميز اللوني نفسه.

والقيم التي تتجاوز نحو 0.8 في صف ``الأسوأ'' تدلّ على أن ملساءً ما يمكن تقريبها تقريبًا جيدًا بسائر الملساوات، وهو ما يوحي بالتكرار.

13.9 فحص الأساس

مخرجات `mgcv::gam.check()`: اختبارات كفاية بُعد الأساس لكل حدٍّ أملس. فإن كانت k لملساءٍ ما أصغرَ ممّا ينبغي، علّمها هذا الاختبار بقيمة p منخفضة، موحيًا بأن عليك زيادة k.

10 تنزيل البيانات

بعد الملاءمة يصدّر زرّ **تنزيل المخرجات (Excel)** (القسم 7 من الشريط الجانبي) ملفَّ Excel فيه التنبؤات والتشخيصات إلى مجلد مخرجات mgcv في المشروع النشط.

1.10 أعمدة المخرجات

العمود	الوصف
`basis`	قيمة الحدّ الثابت بعد التحويل العكسي (واحدة لكل الصفوف)
`<var>_contribution`	إسهام كل حدٍّ أملس في التنبؤ. وفي النماذج اللوغاريتمية يُوزَّع تناسبيًا على قيمٍ بالدولار.
`est_<target>`	تنبؤ النموذج (مثل `est_sale_price`)، مُعادًا بالتحويل العكسي من المقياس اللوغاريتمي عند الاقتضاء
`residual`	الفعلي − المتنبأ به
`calc_residual`	للتحقق: الفعلي − مجموع الإسهامات (بعد التحويل العكسي)
`cqa`	درجة الحالة والجودة والجاذبية (CQA) على مقياس 0–10
`residual_sf`	الباقي / مساحة المعيشة (إن عُيّن `living_area`)
`cqa_sf`	درجة CQA محسوبةً من الترتيب عبر `residual_sf`

وفي نمط التقييم يكون الصف 1 (العقار موضوع التقييم) بقيمٍ مفقودة في `residual` و`cqa` و`cqa_sf`. وتُرتَّب الصفوف تنازليًا بـ`residual_sf` حين يكون عمود `living_area` معيَّنًا.
وتظهر علامةُ تأشيرٍ بيضاء على زرّ التنزيل بعد الإتمام بنجاح.

2.10 درجات CQA

ترتّب CQA باقيَ كل صفٍّ في مقابل سائر الصفوف على مقياس 0–10:

- **CQA مرتفعة (نحو 10–9)**: بيع بأكثر بكثير ممّا تنبّأ به النموذج --- والأرجح أن حالته أو جودته أو جاذبيته متفوّقة
- **CQA منخفضة (نحو 1–0)**: بيع بأقل بكثير ممّا تنبّأ به النموذج --- والأرجح أن حالته أدنى أو أن البيعة اضطرارية
- **CQA نحو 5**: قريبٌ من الوسيط

11 حسابات RCA وتنزيلها

سير عمل RCA (منهج قيد البواقي) متاحٌ في نمطَي **التقييم** و**تحليل منطقة السوق**، بعد ملاءمة النموذج. ويجب أن يكون العقار موضوع التقييم في الصف 1.

1.11 فتح حوار RCA

انقر زرّ **حساب تعديلات RCA وتنزيلها** في القسم 8 من الشريط الجانبي. فيظهر حوارٌ مشروط فيه:

- **نوع الدرجة**: CQA أو CQA للقدم المربعة (إن عُيّن `living_area`). ويقيس خيار القدم المربعة باقيَ العقار موضوع التقييم بمساحة المعيشة.
- **درجة CQA للعقار موضوع التقييم**: تقبل قيمًا من 0.00 إلى 10.00. ويبدأ الحقل فارغًا؛ فإن كان قد استُورد نموذج earthUI، نُقل إليه نوعُ الدرجة وقيمتُها اللذان استعملتهما في earthUI من إعدادات المشروع المشتركة.

وانقر **توليد** للحساب والتنزيل. ويُكتب ملف Excel في مجلد مخرجات mgcv بالمشروع النشط (`<os>_out_mgcv`).

2.11 استكمال درجة CQA

1. تُرتَّب درجات CQA للمقارنات وبواقيها
2. ويطبّق استكمالٌ خطي (`approx()`) قيمةَ CQA التي أدخلتها على باقٍ
3. قيمة العقار موضوع التقييم = تنبؤ النموذج + الباقي المستكمَل
4. وتُعامَل الصفوف ذات الوزن 0 كأن باقيها هو باقي العقار موضوع التقييم نفسه

3.11 أعمدة المخرجات

العمود	الوصف
`subject_value`	تنبؤ النموذج + الباقي المستكمَل
`subject_cqa`	درجة CQA التي أدخلها المستعمل
`<var>_adjustment`	إسهام العقار موضوع التقييم − إسهام المقارِن (بالدولار)
`residual_adjustment`	باقي العقار موضوع التقييم − باقي المقارِن
`net_adjustments`	مجموع كل التعديلات
`gross_adjustments`	مجموع القيم المطلقة للتعديلات
`residual_adj_pct`	تعديل الباقي بوصفه نسبةً مئوية من سعر البيع
`net_adj_pct`	صافي التعديلات بوصفه نسبةً مئوية من سعر البيع
`gross_adj_pct`	التعديلات الإجمالية بوصفها نسبةً مئوية من سعر البيع
`adjusted_sale_price`	سعر البيع الفعلي + صافي التعديلات

وتظهر علامةُ تأشيرٍ بيضاء على الزرّ بعد الحساب بنجاح.

12 شبكة المقارنة بالمبيعات

شبكة المقارنة بالمبيعات متاحةٌ في نمط **التقييم** وحده، بعد حساب تعديلات RCA. وهي تولّد مصنَّف Excel مُنسَّقًا صالحًا للإدراج في تقارير التقييم.

1.12 حوار انتقاء المقارنات

نقرُ زرّ **توليد شبكة المبيعات وتنزيلها** يفتح حوارًا مشروطًا يُدرِج كل المبيعات المقارِنة. وتُقسَم المقارنات إلى مجموعتين:

- **المقارنات المُوصى بها** (مؤشَّرة مسبقًا): التعديل الإجمالي $< 25\%$ من سعر البيع، مرتَّبةً بعمر البيعة (الأحدث أولًا). وبحدٍّ أقصى ثلاثون مقارِنًا.
- **المقارنات الأخرى** (بلا تأشيرٍ افتراضًا): بقية المقارنات، مرتَّبةً بنسبة التعديل الإجمالي.

واختر مقارناتك، ثم انقر **توليد شبكة المبيعات** لإنشاء المصنَّف.

الأنواع الخاصة المطلوبة: يجب تعيين `contract_date` و`living_area`. **والأنواع الخاصة المُوصى بها**: `latitude`، و`longitude`، و`lot_size` --- فالشبكة تعمل من دونها لكن بعض الحقول يبقى فارغًا.

2.12 تخطيط المصنَّف

يحتوي المصنَّف المولَّد على أوراقٍ متعددة، تحمل كلٌّ منها ثلاثة مقارنات جنبًا إلى جنب:

- **صفوف الترويسة**: عناوين العقار موضوع التقييم والمقارنات، وأسعار البيع، وتواريخ البيع، وأيام العرض في السوق
- **الصفوف المجمَّعة**: الموقع (خط العرض، وخط الطول، والمنطقة)، ومساحة الموقع (مساحة الأرض، وأبعاد الموقع)، والعمر (العمر الفعلي، والعمر الفعّال)، بعناوين مجموعاتٍ وبنودٍ فرعية
- **صفوف متغيرات النموذج**: صفٌّ لكل حدٍّ أملس، يبيّن إسهام العقار موضوع التقييم وإسهامات المقارنات ومقادير التعديل
- **صفوف الخصائص الباقية**: خلايا فارغة غير مقفلة لإدخال المُقيّم في الخصائص التي لم يلتقطها النموذج (كالحالة والجودة والإطلالة)
- **صفوف الملخّص**: نسبة صافي التعديل، ونسبة التعديل الإجمالي، وسعر البيع المعدَّل، بمعادلات Excel حيّة

3.12 حماية الأوراق وخلايا البواقي

تُحمى كل ورقةٍ منعًا للتحرير العرَضي، غير أن خلايا قيم الخصائص الباقية مفتوحةٌ صراحةً. وهذا يتيح للمُقيّمين إدخال قيمٍ للخصائص غير الموجودة في النموذج مع الحفاظ على حسابات التعديل المسوقة بالمعادلات.

13 تنزيل التقارير

توليدُ التقرير سيرُ عمل Quarto من خطوتين، حلّ محلّ التقرير ذي الخطوة الواحدة في الإصدارات السابقة.

1.13 الخطوة 1: توليد تقرير Quarto

يكتب زرّ **توليد تقرير Quarto** (المتاح بعد ملاءمة النموذج) حزمةَ `qmd`. مكتفيةً بذاتها في مجلد مخرجات mgcv بالمشروع النشط. وتحمل الحزمة مصدر Quarto، وملفات الرسوم المُصيَّرة مسبقًا (PNG وPDF)، وحمولةً `report_data.rds` فيها كل الجداول وبيانات النموذج الوصفية، وقالبَ نمطٍ `reference.docx` لمخرجات Word. ولأن الحزمة مكتفيةٌ بذاتها، يمكنك تحرير مصدر `qmd`. أو دمجه مع مستندات Quarto أخرى قبل التصيير.

وتُصيَّر الرسوم مسبقًا عند توليد الحزمة؛ فإن أخفق رسمٌ منفرد، كُتبت صورةٌ نائبة وتولَّدت بقية الحزمة طبيعيًا.

2.13 الخطوة 2: تحويل تقرير Quarto

يصيّر قسم **تحويل تقرير Quarto** ملفَّ `qmd`. إلى صيغة مخرجاتٍ واحدة أو أكثر عبر `quarto::quarto_render()`. ويشير افتراضيًا إلى آخر حزمةٍ مولَّدة، لكن زرّ **الاستعراض** يتيح لك اختيار أي ملف `qmd`.. وتتاح ثلاث صيغ:

- **HTML** --- مستند HTML مكتفٍ بذاته. يعمل على كل المنصّات من غير برمجياتٍ إضافية. وهو الافتراض المُوصى به.
- **Word (`.docx`)** --- مُصيَّرٌ بقالب النمط `reference.docx` المرفق. مناسبٌ للتحرير والتوزيع.
- **PDF --- يقتضي تنصيبًا لـLaTeX** (انظر متطلبات النظام أدناه). فإن لم يُرصد LaTeX، أُخفي خيار PDF تلقائيًا من مربعات تأشير الصيغ.

ويبقى المُصيِّران القديمان ذوا الخطوة الواحدة، `render_gam_report()` و`export_gam_docx()`، متاحين للاستعمال البرمجي.

3.13 محتويات التقرير

يتضمّن التقرير المولَّد:

- **مجموعة البيانات والنموذج**: ملف البيانات، وحجم العيّنة، والعائلة، والطريقة، ومعلومات الملاءمة
- **ملخّص النتائج**: R^2، وR^2 للتحقق المتقاطع، والانحراف المفسَّر، وAIC، وما يتصل بها من مقاييس الملاءمة
- **معادلة النموذج**: معادلة النموذج بترميز f_i للحدود الملساء وبمعاملاتٍ صريحة للحدود الخطية، مع تعريفات الدوال الملساء. وتلتفّ المعادلات الطويلة على أسطرٍ متعددة في PDF.
- **جداول الملخّص**: الحدود الملساء (درجات الحرية الفعّالة، وF، وقيمة p) والحدود المعلمية (التقدير، والخطأ المعياري، وt، وقيمة p)
- **التفاعلات المفعَّلة**: مصفوفةٌ بحدود التفاعل الموترية وتفاعلات العامل مع الملساء المُدرَجة في النموذج (ولا تُعرض إلا عند وجود تفاعلات)
- **أهمية المتغيرات**: رسمٌ شريطي مرتَّب بإحصاء F (للحدود الملساء) أو بقيمة $|t|$ (للمعلمية)
- **الآثار الملساء** (لكل أنواع الحدود):
  - رسوم الملساوات أحادية المتغير (نسخٌ ساكنة بـggplot2 من الرسوم التفاعلية)
  - رسوم العامل مع الملساء المتعددة الخطوط
  - الخرائط الحرارية للتفاعلات (حدّا ti وte)
  - رسوم الحدود المعلمية (انتشارٌ للعددية، ورسمٌ شريطي للعاملية)
- الخريطة الحرارية لـ**ارتباطات المتنبئات**
- **التشخيصات**: تشخيصات البواقي وانتشار الفعلي في مقابل المتنبأ به
- **ملخّص mgcv**: المخرجات النصّية الكاملة للنموذج المُلائَم
- **ملحق الترميز**: قسمٌ ختامي غير مرقّم يشرح ترميز دالة إسهام القيمة المستعمل في التقرير

وتظهر علامةُ تأشيرٍ بيضاء على زرّ توليد تقرير Quarto بعد التوليد بنجاح.

14 تصدير دوال النموذج

يستطيع mgcvUI تصدير الدوال الملساء للنموذج الجمعي المعمّم المُلائَم شفرةً مستقلة بلغاتٍ متعددة. فتُقيَّم كل ملساء على شبكةٍ من مئتَي نقطة وتُصدَّر جدولَ بحثٍ باستكمالٍ خطي، مما يتيح استعمال النموذج خارج R من غير أي اعتمادٍ على mgcv.

وتصديرُ الدوال برمجيٌّ في الإصدار الحالي. وتأخذ المساعداتُ المصدَّرة كائنَ نتيجةٍ مُلائَمًا (ينتجه fit_gam()) وتكتب الملفات الموصوفة أدناه:

- generate_r_code()، وgenerate_python_code()، وgenerate_cpp_code() --- ملفات مصدرٍ لكل لغة
- export_functions_sqlite() --- قاعدة بيانات SQLite لجداول البحث
- export_functions_zip() --- يحزم أي تركيبةٍ من الصيغ الأربع في أرشيف zip

1.14 دوال R

الملف: gam_functions.R

- تعليقات ترويسةٍ فيها المتغير المستجيب، وR^2، وR^2 للتحقق المتقاطع، والصيغة.
- ثابتٌ باسم INTERCEPT.
- دالة approxfun() واحدة لكل متغيرٍ أملس بمتجهَي y/x محسوبين مسبقًا.
- معاملات الحدود الخطية ثوابتَ مسمّاة.
- الاستعمال: اجمع الحدَّ الثابت، وكلَّ g_var(value)، وكلَّ coef_var * value.

2.14 دوال Python

الملف: gam_functions.py

- استيراد numpy.
- ثابت INTERCEPT.
- لكل متغير: مصفوفتا x_var_ وfx_var_، ودالة g_var(x) باستعمال np.interp().
- معاملات الحدود الخطية ثوابتَ باسم COEF_*.

3.14 ترويسة C++

الملف: gam_functions.hpp

- ترويسةٌ فقط مع #pragma once.
- نطاق الأسماء gam_functions.
- مساعد interp() باستعمال std::lower_bound.
- لكل متغير: دالةٌ مضمَّنة بمصفوفاتٍ ساكنة ثابتة.
- معاملات الحدود الخطية بوصفها constexpr double.

4.14 قاعدة بيانات SQLite

الملف: gam_functions.sqlite

- الجدول smooth_grids: الأعمدة (المتغير، وx، وfx) --- أي جداول البحث ذات المئتَي نقطة.
- الجدول model_info: المستجيب، وr_squared، وcv_rsq، وdev_explained، وaic، وn_obs، والعائلة، والطريقة، والصيغة.
- الجدول linear_terms: المتغير، والمعامل.
- الجدول intercept: قيمة الحدّ الثابت.

15 المقارنة مع earthUI وglmnetUI

تطبيق earth ووحدتا المعالجة اللاحقة فيه مجموعةُ أدواتٍ واحدة لنمذجة الانحدار. فهي تتشارك صيغةَ البيانات نفسها، وأنواعَ الأعمدة الخاصة، وسير عمل RCA، ومجموعات البيانات التجريبية، لكنها تستعمل محرّكات نمذجةٍ مختلفة.

1.15 الفروق الرئيسة

الخاصية	mgcvUI	earthUI	glmnetUI
الطريقة	النموذج الجمعي المعمّم (mgcv)	(earth) Earth/MARS	الشبكة المرنة (glmnet)
العلاقات	لاخطية ملساء	خطية مقطعيًا	خطية
انتقاء المتغيرات	التقليص بـ`select=TRUE`	التشذيب المتدرّج	جزاء لاسو
التفاعلات	الجداءات الموترية (ti/te)	جداءات المفصلات (الدرجتان 2–3)	جداءات ثنائية
الآثار الجزئية	منحنياتٌ ملساء بفترات ثقة	دوال g (خطية مقطعيًا)	ميولٌ خطية
خطّ earth	يستورد العُقد من earth	مصدر العُقد	يستورد أساس المفصلات
تصدير الشفرة	R، وPython، وC++، وSQLite	R، وPython، وC++، وSQLite	---
صيغ التقارير	Word، وPDF، وHTML	Word، وPDF، وHTML	Word، وPDF، وHTML

وثمة ميزةٌ يتفرّد بها earthUI جديرةٌ بالذكر: إذ يتضمّن خاصيةً تجريبية بـDCG/Prolog تستخرج سماتِ العقار المبنينة من ملاحظات MLS النصّية الحرّة.

2.15 الخصائص المشتركة

توفّر الأدوات الثلاث جميعًا:

- شجرة مشاريع `regProj` مشتركة (وافتراضها `~/regProj`) --- فالمشاريع وملفات الإدخال ومخرجات كل طريقةٍ مشتركةٌ بين التطبيقات الشقيقة
- استيراد CSV وExcel مع تحويل أسماء الأعمدة إلى snake_case
- دعم اللغة والمنطقة لأكثر من ثلاثين بلدًا، بفاصل CSV والعلامة العشرية ومقاس الورق
- تعيينات الأعمدة الخاصة (`contract_date`، و`living_area`، و`area`، و`latitude`، و`longitude`، وغيرها)
- الحساب التلقائي لـ`sale_age` من التاريخ الفعّال
- تبديل النمط الداكن/الفاتح (سمة Nord)
- بقاء الإعدادات (بـSQLite أو `localStorage` أو كليهما)
- الخريطة الحرارية للارتباط، وأهمية المتغيرات، والتشخيصات
- تسجيل درجات CQA وسير عمل تعديلات RCA
- شبكة المقارنة بالمبيعات مع انتقاء المقارنات ومخرجات Excel المُنسَّقة
- التوافق مع مجموعات البيانات التجريبية نفسها (`Appraisal_1.csv`)

3.15 سير العمل المُوصى به

- **ابدأ بـearthUI** لاكتشاف المتغيرات المهمة والعلاقات اللاخطية والتفاعلات. فبناءُ earth التلقائي للنموذج يقدّم أفضل نقطة انطلاق.
- **اصقل بـmgcvUI** إن أردت آثارًا جزئية أكثر ملاسةً. واستورد عُقد earthUI لانتقالٍ سلس.
- **استعمل glmnetUI** حين تحتاج إلى نموذجٍ خطي محض مع انتقاءٍ حازم للمتغيرات أو قيودٍ على إشارات المعاملات.
- **قارن الثلاثة** على البيانات نفسها لتقدير ما إذا كان التعقيد الإضافي في النماذج اللاخطية مبرَّرًا.

16 مجموعة البيانات التجريبية: Appraisal_1.csv

1.16 الوصف

مجموعة البيانات التجريبية مشتركةٌ مع earthUI وglmnetUI. وتقع في مجلد `demo_mls/` من مصدر mgcvUI، أو إن كان earthUI منصَّبًا:

```
demo_file <- system.file("extdata", "Appraisal_1.csv", package = "earthUI")
```

ويحتوي الملف على نحو 1,500 سجلّ بيعٍ سكني من تصدير MLS محاكى، مع العقار موضوع التقييم في الصف 1 والمبيعات المقارِنة في بقية الصفوف. وتمثّل البيانات مبيعات منازل أحادية الأسرة في سوقٍ متعددة المناطق، بمدًى من أحجام العقارات وأعمارها ومواقعها.

وهذه ليست بياناتٍ حقيقية، لكنها مبنيّةٌ على حيٍّ واقعي في شمال كاليفورنيا. وقد غُيِّرت كل معلومات التعريف أو أُزيلت.

2.16 الأعمدة

العمود	النوع	النوع الخاص	الوصف
`sale_type`	character	`sale_type`	رمز نوع السجل الذي يميّز العقار موضوع التقييم من المبيعات المقارِنة
`weight`	numeric	`weight`	وزن المشاهدة (0 = استبعاد من الملاءمة)
`id`	numeric	`display_only`	معرّف السجل الداخلي
`property_id`	numeric	`display_only`	معرّف العقار في MLS
`listing_id`	character	`display_only`	رقم الإدراج في MLS
`parcel_number`	character	`display_only`	رقم القطعة لدى مُقيّم المقاطعة (APN)
`street_address`	character	`display_only`	عنوان العقار
`city_name`	character	`display_only`	المدينة
`postal_code`	character	`display_only`	الرمز البريدي
`county_name`	character	`display_only`	المقاطعة
`contract_date`	Date	`contract_date`	تاريخ التعاقد على البيع (يحسب `sale_age`)
`sale_age`	numeric	---	الأيام من تاريخ التعاقد إلى التاريخ الفعّال (محسوبةً مسبقًا)
`coe_date`	Date	`display_only`	تاريخ إغلاق الضمان
`listing_status`	character	`display_only`	حالة الإدراج (مثل ``مباع")
`sale_price`	numeric	(الهدف)	سعر البيع --- المتغير المستجيب
`rent`	numeric	---	الإيجار الشهري (للنماذج متعددة الأهداف)
`list_price`	numeric	`display_only`	سعر الإدراج
`original_list_price`	numeric	`display_only`	سعر الإدراج الأصلي
`living_sqft`	numeric	`living_area`	مساحة المعيشة الإجمالية بالأقدام المربعة
`ppsf`	numeric	`display_only`	السعر للقدم المربعة
`beds_total`	integer	---	عدد غرف النوم
`baths_total`	numeric	---	إجمالي عدد الحمّامات (مثل 2.5 = كاملان + نصفي)
`lot_size`	numeric	`lot_size`	مساحة الأرض بالأقدام المربعة
`area_id`	integer	`area`	معرّف المنطقة في MLS
`area_text`	character	`display_only`	اسم المنطقة
`age`	numeric	`actual_age`	عمر العقار بالسنوات
`year_built`	integer	`display_only`	سنة البناء
`latitude`	numeric	`latitude`	خط العرض (مُقرَّبًا إلى ثلاث منازل عشرية للنموذج)
`longitude`	numeric	`longitude`	خط الطول (مُقرَّبًا إلى ثلاث منازل عشرية للنموذج)
`latitude6`	numeric	`display_only`	خط العرض بالدقة الكاملة
`longitude6`	numeric	`display_only`	خط الطول بالدقة الكاملة
`garage_spaces`	integer	---	عدد مواقف المرآب
`fp_count`	integer	---	عدد المواقد
`no_of_stories`	numeric	---	عدد الطوابق
`style`	character	---	الطراز المعماري
`view`	character	---	نوع الإطلالة (مثل ``الحي" أو ``التلال")
`days_on_market`	integer	`dom`	أيام العرض في السوق
`listing_date`	Date	`listing_date`	تاريخ الإدراج

العمود	النوع	النوع الخاص	الوصف
sale_concessions	numeric	concessions	تنازلات البائع

3.16 بداية سريعة مقترحة

1. شغّل روتين mgcv: earthUI::launch_mgcv()
2. أنشئ مشروعًا جديدًا (القسم 1) بغرض **للتقييم**
3. ضع Appraisal_1.csv في مجلد إدخال المشروع واخترْه في القسم 2 (وانقر **تحديث** عند الحاجة)
4. اختر sale_price هدفًا
5. واضبط تحويل المستجيب اختياريًا على **اللوغاريتم الطبيعي** للحصول على تعديلاتٍ نسبية
6. أسنِد الأنواع الخاصة كما في الجدول أعلاه
7. أدرِج المتنبئات: sale_age، وliving_sqft، وbaths_total، وlot_size، وarea_id (عاملًا)، وage، وlatitude، وlongitude، وgarage_spaces
8. أبقِ الافتراضات: REML، وغاما 1.2 =، والأساس tp، وk تلقائية، وselect = TRUE
9. انقر **ملاءمة نموذج Mgcv GAM**
10. راجع ألسنة الملخّص والإسهام (الرسوم الملساء) والتشخيصات
11. نزّل المخرجات (الخطوة 7) وراجع ترتيب CQA
12. احسب تعديلات RCA (الخطوة 8) بدرجة CQA تقارب 5.00
13. ولّد شبكة مقارنةٍ بالمبيعات (الخطوة 9) بالمقارنات المُوصى بها

17 متطلبات النظام واستكشاف الأعطال

1.17 المنصّات المدعومة

يعمل mgcvUI على **macOS** و**Windows** و**Linux**. والتطبيق مطوَّرٌ ومُختبَرٌ أساسًا على macOS مع RStudio. وترد أدناه ملاحظاتٌ خاصة بكل منصّة.

2.17 إصدار R

يلزم R $\geq$ 4.1.0. ويُنصح بشدة بـRStudio Desktop (2023.06 أو أحدث) --- فهو يتضمّن **Quarto** و**pandoc** (اللازمين لتصيير التقارير) ويوفّر بيئةً مريحة لتشغيل التطبيق.

3.17 حزم R المطلوبة

تُنصَّب الحزم الآتية تلقائيًا بوصفها اعتمادياتٍ:

الحزمة	الغرض
shiny	إطار تطبيقات الويب
mgcv	ملاءمة النماذج الجمعية المعمّمة
valengrCore	النواة التقييمية المشتركة (الأدوار الخاصة، والنقل من earthUI)
ggplot2, plotly	رسوم الإسهام الساكنة والتفاعلية
gratia	استخراج الحدود الملساء والتشخيصات
DT	جداول البيانات التفاعلية
quarto, rmarkdown	توليد تقارير Quarto وتصييرها
readxl	استيراد ملفات Excel
shinyFiles	متصفّحا الملفات والمجلدات
RSQLite, DBI	قاعدتا بيانات الإعدادات والمشاريع (SQLite)
jsonlite	تسلسل حالة المتغيرات

4.17 الاعتماديات الاختيارية

المكوّن	متى يلزم
LaTeX (TinyTeX أو MiKTeX أو MacTeX)	لتوليد تقارير PDF فحسب. فإن لم يُرصد تنصيبٌ لـLaTeX، أُخفي خيار PDF تلقائيًا من قائمة الصيغ المنسدلة. ونصّبه بـ: `tinytex::install_tinytex()`
sysfonts + showtext	خط Roboto Condensed لرسوم ggplot2. فإن لم يتوفّر أو كنتَ دون اتصال، رجع التطبيق تلقائيًا إلى الخط غير المذيّل في النظام.
earth ($\geq$ 5.3.0)	لازمٌ فقط لخطّ الاستيراد من earthUI. وغير مطلوبٍ للاستعمال المستقل.
callr	ملاءمة النموذج في الخلفية (لإبقاء التطبيق مستجيبًا). ومن دونها تجري الملاءمة تزامنيًا.
writexl, openxlsx	تنزيلات Excel (مخرجات النموذج، وRCA، وشبكة المبيعات). ويطالبك التطبيق بها إن غابت.
bslib	تنسيق Bootstrap 5 (Nord الفاتح والداكن).
officer	التصدير البرمجي القديم إلى Word (`export_gam_docx()`).

5.17 ملاحظات خاصة بالمنصّات

macOS 1.5.17

أقلّها مشكلات. ويُنصح بـHomebrew لمكتبات النظام. وإن لزمت تقارير PDF:

```
# In R:
install.packages("tinytex")
tinytex::install_tinytex()
```

Windows 2.5.17

يعمل جيدًا مع RStudio Desktop. وأهم الملاحظات:

- **أجهزة الشركات المقيَّدة**: إن كان المجلد المؤقت أو مجلد بيانات المستعمل مقيَّدًا، فقد يخفق بقاء الإعدادات وتوليد التقارير. وعندئذٍ يعرض التطبيق تحذيرًا في وحدة تحكّم R لكنه يواصل العمل بلا بقاءٍ للإعدادات.
- **LaTeX**: نصّب TinyTeX من R (بالأمر نفسه المذكور لـmacOS أعلاه) أو نصّب MiKTeX من `miktex.org`.
- **المسارات الطويلة**: لـWindows حدٌّ للمسار قدره 260 محرفًا. فأبقِ مسار مجلد عملك قصيرًا.

Linux 3.5.17

الأشدّ تفاوتًا بين التوزيعات. وقد يحتاج مستعملو Debian/Ubuntu إلى مكتبات نظامٍ قبل أن تُترجَم حزم R:

```
sudo apt install libcurl4-openssl-dev libssl-dev \
  libxml2-dev libsqlite3-dev libfontconfig1-dev
```

ولتقارير PDF: `tinytex::install_tinytex()` أو نصّب `texlive-full` من مدير حزم النظام.
وفي الخوادم بلا شاشة، تُصيَّر رسوم plotly التفاعلية بدائلَ ساكنة في التقارير. أما تطبيق Shiny نفسه فيقتضي اتصالًا بمتصفّح ويب.

6.17 التدهور اللطيف

mgcvUI مصمَّمٌ للعمل حتى مع غياب المكوّنات الاختيارية:

المكوّن الغائب	السلوك
لا LaTeX	يُخفى خيار PDF من قائمة صيغ التقرير المنسدلة. ويبقى HTML وWord متاحين.
لا اتصال بالإنترنت / إخفاق الخطوط	يُستبدل بخط Roboto Condensed الخطُّ غير المذيّل في النظام. وتُسجَّل رسالةٌ في وحدة التحكّم.
لا RSQLite / نظام ملفاتٍ للقراءة فقط	لا تبقى الإعدادات بين الجلسات. ويُعرض تحذيرٌ في وحدة التحكّم. ويعمل التطبيق طبيعيًا فيما عدا ذلك.
إخفاق `gratia::appraise`	يعرض لسان التشخيصات والتقاريرُ رسالةً نائبة. واستعمل `mgcv::gam.check()` في وحدة التحكّم بديلًا.
المجلد المؤقت غير قابل للكتابة	يخفق توليد التقرير برسالة خطأ واضحة. وحلُّه بضبط متغير البيئة `TMPDIR` على موضعٍ قابل للكتابة.

7.17 استكشاف الأعطال

1.7.17 ``خيار PDF غير متاح''

لم يُرصد تنصيبٌ لـLaTeX. فنفّذ في R:

```
install.packages("tinytex")
tinytex::install_tinytex()
```

ثم أعد تشغيل التطبيق. فيظهر خيار PDF.

2.7.17 ``الإعدادات لن تبقى''

تعذّر إنشاء مجلد قاعدة بيانات SQLite أو الكتابة فيه. فتحقّق من الأذون على:

- **Linux/macOS**: `~/.local/share/R/mgcvUI/` أو `~/Library/Application Support/R/mgcvUI/`
- **Windows**: `%APPDATA%/R/data/mgcvUI/`

3.7.17 ``رسم التشخيص غير متاح''

تخفق الدالة `gratia::appraise()` أحيانًا على النماذج المعقّدة (كثيرة التفاعلات الموترية، أو ذات العائلات غير المعيارية). وهي مسألةٌ معروفة في المنبع. والحلّ البديل: نفّذ `mgcv::gam.check(model)` في وحدة تحكّم R لرؤية الرسوم التشخيصية مباشرةً.

4.7.17 ``Report error: number of items to replace…''

كانت هذه مسألةً معروفة في الإصدارات السابقة تتصل بحزمة `gratia`. فتأكّد من تنصيب أحدث إصدارٍ من mgcvUI. والإصدار الحالي يلتقط هذا الخطأ وينتج التقرير مع نائبٍ عن قسم التشخيصات.

5.7.17 المنفذ 7880 مستعمَل بالفعل

إن أخفق التطبيق في البدء لأن المنفذ 7880 مشغول (من جلسةٍ سابقة)، فنفّذ:

```
# macOS/Linux:
lsof -ti:7880 | xargs kill

# Windows (PowerShell):
Stop-Process -Id (Get-NetTCPConnection -LocalPort 7880).OwningProcess
```

6.7.17 إخفاق تنصيب الحزم على Linux

مكتبات نظامٍ غائبة. فنصّب ترويسات التطوير المذكورة في قسم Linux أعلاه، ثم أعد `install.packages()`.

References

Wood, S. N. (2003). ?Thin-plate regression splines.? In: *Journal of the Royal Statistical Society (B)* 65.1, pp. 95–114. DOI: 10.1111/1467-9868.00374.

— (2004). ?Stable and efficient multiple smoothing parameter estimation for generalized additive models.? In: *Journal of the American Statistical Association* 99.467, pp. 673–686. DOI: 10.1198/016214504000000980.

— (2011). ?Fast stable restricted maximum likelihood and marginal likelihood estimation of semiparametric generalized linear models.? In: *Journal of the Royal Statistical Society (B)* 73.1, pp. 3–36. DOI: 10.1111/j.1467-9868.2010.00749.x.

— (2017). *Generalized Additive Models: An Introduction with R*. 2nd ed. Chapman and Hall/CRC.

Wood, S. N., N. Pya, and B. Säfken (2016). ?Smoothing parameter and model selection for general smooth models (with discussion).? In: *Journal of the American Statistical Association* 111, pp. 1548–1575. DOI: 10.1080/01621459.2016.1180986.