منهج قيد البواقي (RCA): الإطار والبروتوكول

نسخة محدَّثة من الورقة المنشورة أصلًا على Zenodo في 5 مارس 2025.

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

William Bert Craytor, SRA

Vol. 1, Issue 1 · Summer 2026
نُشر في 1 يوليو 2026
DOI: 10.67330/kgebxf46
2026 William Bert Craytor. Published by Pacific Vista Net. ©
يُنشر هذا المقال وفق شروط رخصة المشاع الإبداعي: النسب إلى المُصنَّف 0.4.

الملخص. من أبرز حدود مناهج التقييم التقليدية اتّكالُها على تقنياتٍ يدوية عتيقة، كتحليل الأزواج المتطابقة، تتجاوز إسهاماتِ قيمة خصائص العقار كأنها غير موجودة: فشبكة المبيعات التقليدية لا عمود فيها لإسهامات القيمة، بل للتعديلات وحدها. والحال أن إسهامات القيمة توفّر الأساس اللازم لقيودٍ رياضية تمنع المغالاة في التقييم وبخسَه لدى المُقيّم التقليدي.

ويمضي منهج قيد البواقي (RCA) بمنهج المقارنة بالمبيعات التقليدي قُدُمًا، بدمج عملية تقييمٍ متعددة الأطوار تستعمل شرائح الانحدار التكيّفية المتعددة المتغيرات (MARS) إلى جانب قيودٍ رياضية صارمة على إسهامات قيمة الخصائص، ولا سيما الخصائص غير المقيسة --- أي المتغيرات الكامنة كالجماليات والتصميم والحالة والجودة --- التي تخضع قيمها عادةً لحكم المُقيّم التقليدي الذاتي وتحيّزه.

وتعتمد القيود الرياضية في RCA على التطبيق الخبير لانحدار MARS في تقدير إسهامات قيمة خصائص العقار القابلة للقياس في سعر البيع. غير أن هذا التقدير لا يفسّر عادةً إلا نحو 80% من سعر البيع الفعلي، مستبعدًا خصائصَ تُقدَّر ذاتيًا كالتصميم والمنفعة الوظيفية والحالة والجودة. وفي منطقة خليج سان فرانسيسكو، يبلغ الباقي --- الممثّل لهذه المكوّنات الذاتية --- نحو 20% من قيمة العقار الإجمالية في المتوسط. ورقمُ 80/20 يعكس خبرة المؤلّف في منطقة الخليج في ظروف بياناتٍ معتادة، ولا ينبغي أن يُقرأ ثابتًا لا يتغيّر عبر الأسواق. وفي الأسواق التي يكون فيها R^2 القابل للبلوغ أدنى، تكون استجابة الإطار هي تعرّفَ محرّكات القيمة غير المقيسة وقياسَها --- كالمسافة إلى المحيط في المجتمعات الساحلية، والارتفاع في أحياء التلال، وما شابهها من متغيراتٍ تُجمع من مصادر خارجية حين لا توفّرها بيانات MLS --- لا قبولَ الحدّ والإبلاغ عن نطاقات خطأٍ أوسع. ومع أن بواقي MARS تُعامَل في سياقاتٍ أخرى معاملةَ أخطاء تقدير، فإنها في تقييم العقارات تصلح مقياسًا غير مباشر لقيمة المتغيرات الكامنة. وقد يبدو ذلك ابتداءً غير عملي، لكن البرهان يبيّن أن الباقي يمكن تفكيكه تفكيكًا ذا معنًى إلى مكوّناتٍ وصفية، بشرط أن يكون مجموع إسهاماتها مساويًا للباقي --- من غير أن يؤثّر ذلك في نتيجة التقييم النهائية.

وقد نشأت هذه المنهجية عن عقدين من التطبيق التجريبي لدى المؤلّف، وتطوّرت عبر تنفيذاتٍ متكرّرة لـMARS في بيئتَي R وPython.

الكلمات المفتاحية: تقييم العقارات، التقييم السكني، منهج قيد البواقي، MARS، شرائح الانحدار التكيّفية المتعددة المتغيرات، منهج المقارنة بالمبيعات، تحليل البواقي، المتغيرات الكامنة، التقييم الآلي

المحتويات

1 مقدمة **3**

2 الخلفية **5**

3 مهندس التقييم **7**

4 الافتراضات **8**

5 سير عمل RCA **10**

1.5 أنواع تحليل MARS 10

2.5 سير عمل المعالجة . . . 10
3.5 سير عمل البيانات . . . 11
1.3.5 متطلبات البيانات لـMARS . . . 11
2.3.5 البروتوكولات: إدراجات المبيعات المُغلَقة . . . 12
4.5 بنية مجلدات المشروع . . . 14
1.4.5 البروتوكولات: تشغيلات MARS (earth) المتعددة . . . 15
5.5 مصنَّف Excel الجوهري . . . 16
6.5 النسخ الاحتياطية . . . 16

6 ترميز المصنَّف **17**
1.6 الأبعاد الوصفية . . . 17
1.1.6 بُعد المشروع (“a”) . . . 18
2.1.6 بُعد نسخة التشغيل (“r”) . . . 18
3.1.6 أطوار سير العمل (“w”) . . . 19
4.1.6 أوراق مصنَّف Excel (“s”) . . . 19
5.1.6 إدراجات العقارات (“p”) --- صفوف MLSData . . . 20
6.1.6 متغيرات MLS (“v”) --- أعمدة MLSData . . . 20
7.1.6 مثالٌ ختامي على الترميز . . . 20
8.1.6 المسوّغ . . . 21
9.1.6 المصفوفات؟ . . . 21
10.1.6 التبسيط الأول . . . 21
11.1.6 التبسيط الثاني . . . 22

7 شبكة مبيعات RCA **23**

8 المتغيرات **26**
1.8 تصنيف أصل المتغير . . . 26
2.8 تصنيف تطبيق المتغير . . . 27
3.8 حدود الدرجتين الثانية والثالثة . . . 28
1.3.8 متغيرات التعديل . . . 28
2.3.8 متغيرات التجميع . . . 29
3.3.8 المتغيرات الخاصة والترميز . . . 29
4.3.8 تفكيك البواقي . . . 30

9 براهين RCA الجوهرية **31**

10 نموذج MARS **32**
1.10 دوال g لمتغيرات النموذج وتفاعلاته . . . 32
2.10 فهرسة دوال g . . . 32
3.10 أبعاد الرسم . . . 33
4.10 معادلة النموذج النهائية . . . 33
5.10 عدد الرسوم اللازمة لرسم نموذج . . . 34

11 خصائص البيانات **34**
1.11 الغرض من الباقي . . . 36
2.11 تصنيفات الحالة والجودة بوصفها متغيراتٍ انحدارية تقريبية . . . 36
3.11 أخطاء البيانات . . . 36
4.11 ما الدقة؟ . . . 37
5.11 العقار موضوع التقييم بوصفه شذوذًا . . . 39
6.11 أهمية CVR2 في التعامل مع البيانات غير المتوقَّعة . . . 39

12 البواقي **40**
1.12 الترتيب والتسجيل . . . 40
2.12 منحنى CQA--الباقي . . . 42
3.12 خصائص منحنى CQA . . . 42
1.3.12 تحليل مكوّنات منحنى CQA . . . 42
2.3.12 ديناميات السوق والتبعات الاجتماعية . . . 43
4.12 باقي العقار موضوع التقييم . . . 43
5.12 نتيجة القيمة في RCA . . . 44
1.5.12 اعتباراتٌ عامة . . . 44
2.5.12 المراجعة والتدقيق والشكاوى . . . 44

13 الخاتمة **45**

1 مقدمة

يعرض هذا البحث الأساسَ المنطقي والرياضي لمنهجٍ حديث في تقدير القيمة السوقية للعقارات السكنية وغيرها تقديرًا دقيقًا. وقد نشأ المنهج عن عشرين سنةً من الخبرة في تطبيق برمجيات شرائح الانحدار التكيّفية المتعددة المتغيرات (MARS) على منازل شمال كاليفورنيا --- ولا سيما في مجتمعات منطقة خليج سان فرانسيسكو --- وهو يقدّم تقدّمًا ذا شأن في دقّة التقييم.

وتحسّن MARS جودةَ التقييم بالتقاطها البارع للعلاقات اللاخطية بين خصائص العقار والقيمة، مع تعرّفها الكفء لأهمّ المتغيرات وترتيبها بحسب الأولوية. وهذه القدرة تتيح للمُقيّمين كشفَ ديناميات القيمة في مناطق سوقٍ جديدة أسرعَ بكثير ممّا تتيحه المناهج التقليدية. وMARS هي العمود الفقري لمنهج قيد البواقي (RCA) المقترح.

ويكتسب منهج RCA اسمَه من صرامة إطاره:

- إذ يفرض قيودًا صارمة على إسهامات القيمة من خصائص العقار المقيسة وغير المقيسة معًا:

1. يجب أن يكون مجموع كل إسهامات القيمة المستمدّة من MARS، بما فيها الباقي، مساويًا لصافي سعر البيع لكل عقارٍ مقارِن.
2. ويجوز تفكيك الباقي إلى مكوّناتٍ فرعية بقيمٍ مُسنَدة، بشرط أن يكون مجموعها مساويًا لباقي المقارِن.

- ويقلّل RCA التحيّزَ في تقدير الخصائص الذاتية --- كالجاذبية الجمالية والحالة والجودة --- بربط قيمتها الإجمالية بالباقي، الذي يُكمَّم تكميمًا دقيقًا حين يبني مهندسُ تقييمٍ كفء نموذجَ MARS.

ومع أن RCA مصمَّمٌ في المقام الأول للعقارات السكنية، حيث تؤثّر الخصائص الذاتية تأثيرًا كبيرًا في القيمة السوقية، فإنه ينطوي على إمكانٍ لتطبيقاتٍ أوسع في تقييم الأصول.

والتقييماتُ الدقيقة بالغة الأهمية بالنظر إلى أن سوق العقارات السكنية في الولايات المتحدة تُقدَّر قيمتها بنحو 45$ تريليون. وتذكر Fannie Mae أن التقييمات المعتادة تنحرف بنحو 5% عن أسعار البيع الفعلية، غير أن هذا الرقم يخفي تحيّزًا، إذ كثيرًا ما يواجه المُقيّمون ضغطًا للتوافق مع أسعار البيع. وفضلًا عن ذلك، ولأن 70%–60% من التقييمات تخدم إعادة التمويل --- حيث لا وجود لأسعار بيعٍ مقارِنة --- تتضح الحاجة إلى الدقة التي يقدّمها RCA. وقد قدّر تحليلُ الاحتياطي الفيدرالي سنة 2012 أن 20%–15% من التقييمات السابقة لأزمة 2008 انحرفت بأكثر من $\pm$10% عن أسعار البيع، وهو نطاقٌ يُرجَّح أنه ما يزال ذا صلة بتقييمات إعادة التمويل اليوم، متفاوتًا بحسب نوع العقار والسوق.

ولماذا تهمّ الدقة؟ ففي المعاملات ذات نسبة القرض إلى القيمة المنخفضة --- كمشترٍ ذي ائتمانٍ قوي يدفع 500,000$ مقدّمًا على منزلٍ بمليون دولار --- قد يتنازل المُقرضون عن التقييم، افتراضًا لضآلة خطر الحجز. غير أن المشترين الذين يتخطّون التقييم يخاطرون بدفع ثمنٍ زائد، فلا يكتشفون العيوب إلا بعد الشراء. وهذا يؤكّد قيمةَ مناهج التقييم المتينة كـRCA.

ويبقى تكميمُ دقة التقييم عسيرًا. فالباحثون يفتقرون إلى مقاييسَ مباشرة لانحرافات ``القيمة السوقية''، فيتّكلون على وكلاءَ غير مباشرة. ومناهجُ التقييم التقليدية، المتجذّرة في الحكم الذاتي وفي تفاوت كفاءة المُقيّمين، تعقّد التحليل. ومن الاستراتيجيات المتّبعة:

1. درس Tzioumis (2016) 4,782 مُقيّمًا عبر 259,436 تقييمًا في إحدى عشرة ولاية، فوجد ثلثُهم في حدود 1% من سعر التعاقد، ونصفَهم بين 1% و3% فوقه، وأقليةً متوسطُها 5% فوقه --- بما يوحي بتحيّزٍ صعودي. وحدّدت الدراسة نوعين من المُقيّمين: ``عند القيمة السوقية'' (قريبين من سعر التعاقد)، و``فوق القيمة السوقية'' (أعلى منه باطّراد).
2. ووجد LaCour-Little and Krivorotov (2020) أن 90% من تقييمات الشراء بلغت سعر التعاقد أو تجاوزته، مبرزًا ``تحيّز المرساة'' --- أي النزوع إلى التوافق مع قيمةٍ مرغوبة --- ولا سيما في سياقات إعادة التمويل.

وتكشف هذه الدراسات تحيّزًا في ممارسات التقييم، تضخّمه حدودُ الأدوات التقليدية. فلو كان المُقيّمون على كفاءةٍ واحدة وبلا تحيّز، لتقاربت تقييماتهم؛ أما المغالاة المستمرة لدى بعض المجموعات فتشير إلى مشكلاتٍ نُظُمية.

ودراساتُ التحيّز المستشهد بها أعلاه، والنمطُ النُظُمي الذي تشير إليه، تعكس سمةً أعمق في ممارسة المقارنة بالمبيعات التقليدية صُمِّم RCA لمعالجتها. فالمنهجية التقليدية تعمل على قناتين شديدتَي التفاوت في مكانتهما المعرفية. ففي قناة الخصائص القابلة للقياس --- مساحة المعيشة، وأعداد الغرف، ومساحة الأرض، والعمر، والموقع --- يُتوقَّع من المُقيّم أن يشتقّ قيم التعديل اشتقاقًا موضوعيًا، بتحليل الأزواج المتطابقة أو بانحدارٍ خطي محلي على المبيعات المقارِنة. والمُقيّمون الأكفاء يؤدون هذا العمل، والتعديلات الناتجة قابلةٌ للدفاع في مواجهة البيانات على نحوٍ تقريبي على الأقل. ومع ذلك، لا تسجّل الشبكةُ التقليدية هنا أيضًا إلا التعديلات؛ بل ليس فيها حتى عمودٌ لإسهامات القيمة. ولا تُحسب التعديلات التقليدية فروقًا بين إسهامات القيمة --- بل تُقدَّر مباشرةً، من الأزواج المتطابقة أو من إجراءاتٍ مماثلة، من غير أن تُحسب الإسهاماتُ الأساسية قط. أما في RCA فكل تعديلٍ فرقٌ بين إسهامَي القيمة للعقار موضوع التقييم وللمقارِن في الخاصية المعنية --- وهي البنية التي يجعل البرهانُ II تبعاتِها دقيقة. وفي قناة الخصائص الذاتية --- الحالة، وجودة البناء، والتصميم، والمنفعة الوظيفية، والجماليات --- تتراوح إجراءات الإسناد المتاحة بين الرقيق والمهلهل. فتعديلاتُ الخصائص الذاتية يمكن إسنادها بتحليل أزواجٍ متطابقة لعقاراتٍ خارج مجموعة المقارنات المباشرة، أو بالاحتكام إلى ممارسة الأقران المعترف بها، أو بالإحالة إلى خبرة المُقيّم الموثَّقة في السوق. وثلاثتها ممتثلةٌ شكليًا للمعايير المهنية. ولا يرقى أيٌّ منها إلى الصرامة الإحصائية التي تبلغها القناة القابلة للقياس روتينيًا.

والنتيجة تفاوتٌ إجرائي بين ما تقتضيه المعايير وما تستطيع المنهجية تقديمه. فالمعايير تقتضي إسنادَ كل تعديل، قابلًا للقياس كان أو ذاتيًا. والمنهجية تقدّم إسنادًا متينًا في قناةٍ وطيفًا من الإجراءات الأضعف في الأخرى، تمتدّ من زوجٍ متطابق حكائي حجمُ عيّنته واحد إلى استشهادٍ بما يستعمله سائر المُقيّمين عرفًا. والمُقيّمُ الأمين الكفء الذي يؤدي عملَ أزواجٍ متطابقة متأنّيًا في تعديل إطلالةٍ ينتج إسنادًا أفضل بمعنًى حقيقي ممّن يستشهد بممارسة الأقران بلا أساس، غير أن المراجعَ الذي يقارن التقييمين على النموذج المعياري لا يستطيع تمييزهما بسهولة، لأن النموذج يسجّل قيمة التعديل لا صرامةَ اشتقاقه. والمنهجية تحتمل هذا التفاوت لأنه لم يتوفّر للمُقيّمين العاملين إجراءٌ أقوى للخصائص الذاتية عمومًا.

ويحسّن RCA القناتين كلتيهما، لكن بطريقتين مختلفتين في النوع. ففي القناة القابلة للقياس، يلتقط انحدار MARS علاقاتٍ لاخطية، وتفاعلاتٍ بين المتغيرات، وبنيةَ دوال أساسٍ يعجز عن تمثيلها تحليلُ الأزواج المتطابقة والانحدارُ الخطي الاعتيادي. وبملاءمته على مجموعة المبيعات المؤهَّلة كاملةً في منطقة السوق --- وهي عادةً عدة مئات --- لا على المقارنات الثلاث إلى التسع في الشبكة التقليدية، تكون إسهاماتُ القيمة المستمدّة من MARS موضوعيةً وأدقَّ بكثير من المنهجية التي تحلّ محلّها. وفي القناة الذاتية، يفعل RCA شيئًا مختلفًا في نوعه عن كل الإجراءات التقليدية. فهو لا يحاول تقدير قيم التعديل للخصائص الذاتية المفردة البتة. بل تظهر إسهاماتُ الخصائص الذاتية كلها --- أي المتغيرات الكامنة --- مجتمعةً في صورة الباقي: الفرقِ بين صافي سعر البيع الفعلي لكل مقارِن وسعرِه المتنبأ به بـMARS، وهو قابلٌ للحساب من البيانات من غير إدخالٍ من المُقيّم. وتفكيكُ ذلك الباقي إلى مكوّناتٍ مسمّاة --- التصميم، والمنفعة الوظيفية، والإطلالة، والحالة، والجودة، وغيرها --- مقيَّدٌ بأن يساوي مجموعُها الباقيَ الإجمالي، وبموجب البرهان II (القسم 9) يعطي أي تفكيكٍ يستوفي ذلك القيد نتيجةَ القيمة نفسَها. والحكمُ الباقي في سير العمل هو وضعُ العقار موضوع التقييم في التوزيع المرتَّب لبواقي المقارنات، ويُتّخذ في مقابل ترتيبٍ قابل للفحص ويُوثَّق صراحةً في التقرير. ويبقى تقييم RCA الضعيف ممكنًا --- إذ يستطيع مهندسُ تقييمٍ قليل الخبرة أن ينتج نموذج MARS مفرطَ الملاءمة، أو أن يضع العقار موضوع التقييم وضعًا غير معقول، أو أن يفوّت شذوذاتٍ في البيانات --- لكنه ضعيفٌ على نحوٍ يستطيع المراجعُ تعرّفه بفحص النموذج والترتيب، لا ضعيفٌ على نحوٍ لا تستطيع مراجعةُ النموذج المعياري كشفه.

وفيما وراء إعادة التمويل، يدين المُقيّمون للمُلّاك بتقييماتٍ دقيقة، ولا سيما في المشتريات عالية القيمة حيث قد تكلّف الأخطاءُ عشراتِ أو مئاتِ الآلاف. ومع ذلك يتردّد كثيرون في إنفاق $600–$1,000 على التقييمات، شاكّين في قيمتها المضافة. والمناهجُ المتقدمة كـRCA، وإن كانت كثيفة الموارد ابتداءً، تَعِد بدقةٍ أكبر. ومع الصقل والخبرة ينبغي أن تزداد كفاءتها --- وتبنّيها.

2 الخلفية

خلفيةُ المؤلّف التعليمية في الرياضيات وعلوم الحاسوب والإحصاء. وهو بالمهنة مهندس برمجيات، وله خبرةٌ ثانوية في التقييم والمحاسبة. وقد ظلّ يجري التقييمات، على فتراتٍ، منذ سنة 2002، وطبّق MARS منذ نحو 2004 في تحديد تعديلات العقارات واتجاهات الأسعار في العقارات السكنية.

والتقييم بـMARS ``خبرةٌ عميقة" في التقييم. فـMARS تولّد نماذجَ تعكس بتفصيلٍ يفوق أي منهجٍ إحصائي آخر المتغيراتِ التي تُسهم في القيمة السوقية، وكيفيةَ تأثير تغيّر تلك القيم في سعر البيع. ومن ثمّ يكون المُقيّم، وهو يقيّم بـMARS، متحرّيًا باستمرار العلاقاتِ السببية بين قيم المتغيرات وأسعار البيع كما تولّدها نماذج MARS.

وتوخّيًا للشفافية، تُطبَّق منهجية RCA على أفضل وجهٍ في المناطق السكنية ذات الخصائص الآتية:

1. أحياءٌ معقّدة بعقاراتٍ شديدة الاختلاف بعضها عن بعض
   - منازلُ أقدم
   - درجاتٌ متفاوتة من التحديث
   - عمارةٌ وتصميماتٌ كثيرة الاختلاف
   - تباينٌ في سمات العقار كمساحة المعيشة ومساحة الأرض والارتفاع والإطلالة.
2. ظروف سوقٍ معقّدة
   - ظروفُ سوقٍ سريعة التغيّر
   - أنواعٌ كثيرة مختلفة من المشترين
3. مصادرُ بياناتٍ جيدة: فبروتوكول RCA قائمٌ على التنقيب في البيانات ويحتاج إلى بياناتٍ وفيرة عالية الجودة. ومع أنه يمكن استعماله في المناطق قليلة البيانات، فقد لا يستحقّ ما يقتضيه من وقتٍ وكلفة.
4. أن تكون التقديرات الدقيقة للقيمة السوقية مطلوبةً. فينبغي أن يقدّم RCA، في معظم الحالات، دقةً في حدود $\pm$ 1–2%. وعلى تقرير مهندس التقييم أن يعلّق على شروط الدقة في نتيجة القيمة النهائية. فإن نقصت البيانات أو المعلومات، أو لم تُكشَف أنماطٌ متّسقة في السوق عبر التنقيب في البيانات، تضرّرت الدقة ووجب إعلامُ العميل بالحال. وعلى وجه التحديد، فإن R2 وCVR2 المرتفعين (R2 المتحقَّق منه تقاطعيًا، المحسوب بالتقسيم المتكرّر لمجموعة بيانات MLS إلى تقسيماتٍ عشوائية للتدريب والاختبار)، ونموذجَ MARS ذا المعنى، والنمطَ القوي في خصائص CQA للعقار (الحالة والجودة والجاذبية) في البواقي المرتَّبة، هي الوسائل الرئيسة لتقدير الدقة والموثوقية في نتيجة القيمة.

وتطوّرُ بروتوكولات RCA هذه على مدى العشرين سنة الماضية وأكثر قائمٌ على توفّر .MLSListings Inc (Sunnyvale, CA) وغيرها من أنظمة MLS، المتاحة حاليًا عبر MLSListings، وهي تشكّل أكثر من 95% من خبرة المؤلّف في تحليل البيانات. وتتبع خبرةُ المؤلّف من عمل تقييمٍ واسع عبر خمس عشرة مقاطعة رئيسة في شمال كاليفورنيا، مع خبرةٍ إضافية في عشر مقاطعاتٍ ثانوية.

ومنهجية RCA أشدّ فعاليةً في الأسواق المستوفية لمعيارين رئيسين:

1. وفرةُ بيانات تقييمٍ عالية الجودة
2. مناطقُ سكنية معقّدة غير متجانسة تتّسم بـ:
   - طرزٍ معمارية متنوّعة
   - درجاتٍ متفاوتة من تحديث العقارات
   - أنماطِ تطويرٍ ممتدّة على عقود

الخبرة في مقاطعات كاليفورنيا

تستند العباراتُ الواردة في هذا البحث إلى خبرةٍ في تقييم العقارات في مقاطعات شمال كاليفورنيا الآتية:

San Mateo	Santa Clara	Marin	Napa	Monterey	Santa Rosa
Alameda	San Francisco	Contra Costa	Sacramento	El Dorado	San Joaquin
Stanislaus	Placer	Solano	Mendocino	Lake	Colusa
Merced	Nevada	San Benito	Santa Cruz	Sutter	Yuba

والمناطق أعلاه تستوعب في جوهرها وادي السيليكون والمقاطعات المحيطة به، ممتدّةً إلى مناطقَ أكثر ريفية، منها الوادي الأوسط وسفوح Sierra. ويجدر بالذكر أن المؤلّف كان دائمًا يملك بياناتٍ وفيرة ودقيقةً **نسبيًا** مقارنةً بما يتاح لكثيرٍ من المُقيّمين في مناطقَ أقلَّ تطوّرًا في الولايات المتحدة.

وبيانات MLS المستعملة معتمَدةٌ من RESO، وممتثلةٌ لـRCF (الصيغة المشتركة لـRESO). ورغم اعتماد RCF، تكون البياناتُ الثانوية الأهمية عادةً مفقودةً أو خاطئة في بعض العقارات، إما بأخطاء إدخالٍ أصلية من مُقيّم الضرائب أو لاحقة من وكيل المبيعات في MLS. وكثيرًا ما تتبع هذه الأخطاء نمطًا، كعدم الإدخال أصلًا حين لا توجد الخاصية. فمثلًا، بدل إدخال 0 في ``مواقف المظلّة" حين لا توجد مظلّة، لا يُدخَل شيء. وفي المناطق التي تندر فيها المظلّات، قد يستبدل المحلّلُ 0 بغياب البيانات ليحصل على تعديلٍ مفيد للمظلّات. ومع أن R/earth وسائر تنفيذات MARS تستطيع معالجة البيانات المفقودة، فإن على مهندس التقييم (VE) أن يقرّر كيفية التعامل معها.

وبيانات MLSListings متاحةٌ كذلك من أنظمة MLS في بعض الولايات الأخرى، من Florida إلى Hawaii. ويمكن أن يفيد ذلك في اختبار مدى نجاح البروتوكولات والشفرة في ولاياتٍ مختلفة.

3 مهندس التقييم

تعريف 1: مهندس التقييم

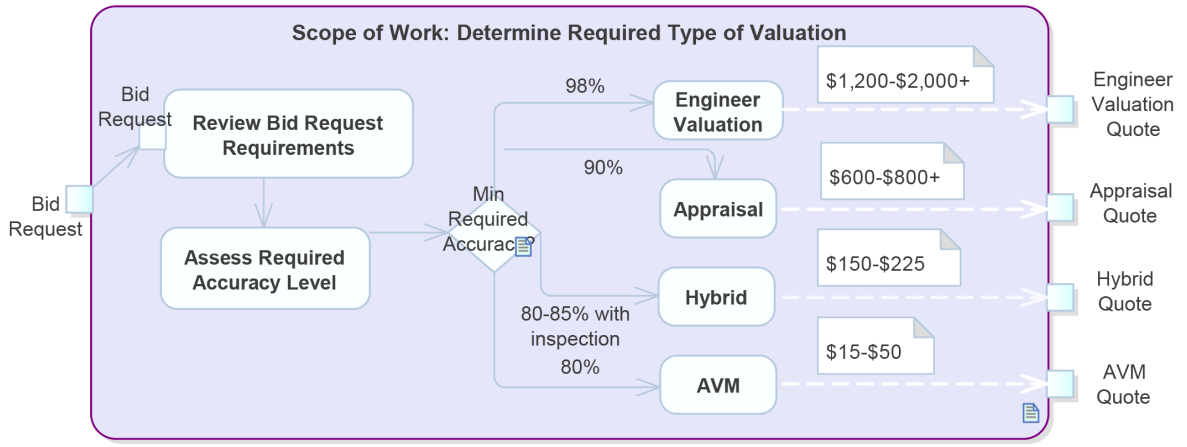
منعًا للالتباس، يُستعمل مصطلح ``مهندس التقييم" (أو "VE" اختصارًا) للدلالة على فردٍ يمتلك خبرة مُقيّمٍ مرخَّص، مقترنةً بمعرفةٍ ومهاراتٍ وخبرةٍ متقدمة في استعمال التنقيب في البيانات والإحصاء والبرمجة والبروتوكولات التفصيلية والذكاء الاصطناعي لتحديد القيمة السوقية للعقارات المعقّدة. ومن المهم كذلك إدراكُ أن التقييم مهمّةٌ تستلزم صورةً ما من الترخيص بسبب إمكان الاحتيال الثابت.

ويقدّم المُقرضون عادةً عدة خيارات تقييمية:

1. نماذج التقييم الآلي (AVMs) --- وهي الخيار الأقل كلفة
2. التقييمات الهجينة --- باستعمال معاينين غير مرخَّصين بإشراف مُقيّمٍ مرخَّص
3. التقييمات المعيارية --- يؤديها مُقيّمون مرخَّصون

والغائبُ عن الاعتبار المعتاد في عمل التقييم هو التقييماتُ على مستوى المهندس. فببساطة، ليس ثمة كثيرٌ من المُقيّمين ذوي المهارات اللازمة لأدائها. وينبغي أن تكون ثمة حاجةٌ إليها. فهي تستطيع تقديم دقةٍ أعلى بكثير، وتكاد تضمن موضوعيةً جيدة إلى حدٍّ بعيد باستعمال منهجية RCA (MARS والقيود).

وفي العقارات المتوافقة في التقسيمات الأحدث، تكفي التقييماتُ المعيارية عمومًا. غير أن تقييمات المهندس مُوصى بها للمنازل الأقدم في مناطق ذات تاريخ تجديدٍ كبير ممتدّ على ثلاثين سنة أو أكثر. وينبغي أن يتبع الاختيارُ بين هذين المنهجين عمليةَ قرارٍ مبنية قائمة على خصائص العقار وظروف السوق.



4 الافتراضات

افتراض 1: المنطقة الجغرافية ونوع العقار

يتركّز نطاق هذا البحث في المقام الأول على المنازل أحادية الأسرة والشقق في المناطق الحضرية والمدنية بكاليفورنيا. ومع أن منهج المقارنة بالمبيعات ينطبق على أنواعٍ أخرى من العقارات وعلى أقاليمَ جغرافية أخرى، فإن منهجَي الدخل والتكلفة يؤديان عادةً دورًا أغلب في تقييم الأراضي الزراعية والعقارات متعددة الأسر والعقارات التجارية. وفي مثل هذه الحالات قد يحتاج منهج RCA إلى تعديل أو تكون قابليتُه للتطبيق محدودة.

افتراض 2: تخزين البيانات

تُستعمل CSV وExcel استعمالًا مكثفًا في أنظمة MLS، ويُفترض أنهما السبيل الرئيس لتغذية برامج RCA بالبيانات. وإن كان يمكن استعمال تغذيات الوسطاء لتغذية قواعد بيانات SQL باستمرار. وكثيرًا ما يستعمل النسخُ الاحتياطي والتخزينُ الوسيط قواعدَ بيانات SQL، ومن أبرزها اثنتان حرّتان مفتوحتا المصدر هما SQLite وPostgreSQL. وتُستعمل كذلك ملفات النصّ أو RTF لمقتطفات التقارير، وملفات PNG وJPG وTIFF للرسوم. ولاحظ أن SQL Server من Microsoft مستعمَلٌ لدى كثيرين أيضًا، لكن الإصدار المجاني "SQL Server Express" محدودٌ جدًا (فلا يمكن استعمال أكثر من نواةٍ معالجة واحدة مثلًا)، وللإصدارات الأخرى رسومُ ترخيصٍ ثقيلة للاستعمال التجاري. وقواعدُ بيانات العقارات في كاليفورنيا قد تكون ضخمة جدًا، وعملياتُ الضم قد تستغرق وقتًا طويلًا، فقد يفيد حاسوبٌ بثماني نوًى فأكثر و128 غيغابايت من الذاكرة في عمليات الضم الكبيرة. وقواعدُ بيانات SQL مهمّةٌ كذلك حين تحتاج إلى إيجاد كل العقارات في منطقةٍ محدودة اعتباطيًا. فلو استعملتَ مثلًا التحليلَ العنقودي لتعريف الأحياء، لملتَ إلى استعمال قاعدة بيانات SQL ما. غير أن لقواعد البيانات المختلفة دوالَّ مُضمَّنة مختلفة لمعالجة المعلومات الجغرافية، فهي من ثمّ غير متوافقة بعضها مع بعض. وفي هذه المجموعة من المقالات عن RCA، سيُفترض PostgreSQL للمهامّ المعقّدة في SQL وSQLite للمهامّ البسيطة.

افتراض 3: استعمال "R/earth" في معالجة MARS

حتى سنة 2017، كانت برمجيةُ MARS من Salford Systems حلًّا في المتناول بسعر $270 في السنة. غير أنه بعد استحواذ Minitab على Salford Systems، حُزمت MARS في حزمة SPM لديهم بـ$16,000 سنويًا --- وهو سعرٌ يمنع معظم الأعمال الصغيرة. ولحسن الحظ، تطوّرت حزمة "earth" في لغة R (Milborrow 2024a)، التي يتعهّدها ستيفن ميلبورو، لتضاهي قدراتِ MARS في Minitab SPM أو تتجاوزها. ولحزمة earth مزايا إضافية: فهي متاحةٌ مجانًا، وتتكامل تكاملًا سلسًا مع منظومة R الإحصائية الشاملة، ويمكن الوصول إليها من Python عبر Pandas، بما يوفّر مرونةً ممتازة لسيرِ عملٍ مختلفة. والمناقشاتُ المتعلقة بـMARS تفترض الاستعمال المحدَّد لـR/earth.

افتراض 4: الترميز

تُمثَّل البياناتُ الخام من المصادر الخارجية كملفات CSV وجداول Excel بمحارف لاتينية معيارية. ويشمل ذلك بيانات عقارات خدمة الإدراج المتعدد (MLS)، وإعداداتِ ضبط MARS باستعمال حزمة R/earth، والبياناتِ الخاصة بالمشروع. ويمتدّ هذا الترميز إلى تمثيلاتها المقابلة في أطر البيانات في R أو Python.

وعند مناقشة **خصائص العقار** وأنواعها ومجموعاتها الفرعية، يتحوّل الترميز إلى الحروف اليونانية زيادةً في الدقة والوضوح التحليلي. ومع أن هذا الترميز الرياضي قد يبدو أشدّ صرامة، فإنه يخدم غرضًا حاسمًا: تمييزَ سمات العقار المجرَّدة من تمثيلات بياناتها الخام. وعرفًا، تدلّ الحروف اليونانية باطّراد على خصائص العقار، في حين تدلّ الحروف اللاتينية على بنى بيانات جداول البيانات. فمثلًا، يمثّل الرمز M مصفوفةَ بيانات MLS، منظَّمةً بالعقارات صفوفًا وخصائصها المقابلة أعمدةً.

افتراض 5: لغات البرمجة

في هذا الحقل، R وPython مع Pandas هما اللغتان المهيمنتان، مع استعمال C أو C++ حين تكون السرعة مهمّة. وR/earth نفسها مكتوبةٌ بـR وC.

افتراض 6: الفهرسة

قد تتفاوت الفهرسةُ بين لغات البرمجة والرياضيات، وهو ما قد يُربك:

- الرياضيات وR تبدأ الفهرسة من 1.
- وC وC# و$C++$ وPython تبدأ من 0.

وفي هذا البحث، حفاظًا على الاتساق والبساطة، تبدأ كل الفهرسة من 0 (كـPython أو C). وإليك كيف تعمل:

- في القوائم أو المصفوفات أو أطر البيانات:
  - الفهرس 0 محفوظٌ لـ``العقار موضوع التقييم" (أي العقار الرئيس محلّ الدراسة).
  - مثال: في جدولٍ صفوفُه عقارات، يكون الصف 0 هو العقار موضوع التقييم، ويحمل العمود 0 معرّفاتٍ فريدة لكل العقارات.
  - ونصيحةٌ عملية: رتّب العقارات بالعقار موضوع التقييم أولًا (الصف 0)، ثم أدرِج البقية من الأحدث إلى الأقدم بتاريخ البيع، مرقِّمًا إياها بالتتابع (0، 1، 2، وهكذا).

- وحين لا يوجد عقارٌ موضوع تقييم:
  - إن كانت بنيةُ البيانات لا تتضمّن عقارات (كأن تكون متغيراتٍ أو دوالَّ فحسب)، تُتخطّى الفهرس 0 وتبدأ الفهرسة من 1.
  - وملاحظةٌ خاصة لمستعملي R: لمّا كانت R تستعمل فهرسةً تبدأ من 1، فعند برمجة رياضيات هذا البحث في R أضِف 1 إلى كل الفهارس للتحويل من الفهرسة الصفرية إلى الأحادية.

5 سير عمل RCA

فهمُ سير عمل RCA جوهريٌّ للتحليل الفعّال. وتتبع العملية تسلسلًا مبنيًا من المهامّ التحليلية ونقاط القرار.

1.5 أنواع تحليل MARS

يتوقّف سير عمل تحليل MARS على ما إذا كان المطلوب تحليلَ سوقٍ فحسب أم تقييمَ عقارٍ بعينه. ولاحظ أن تقييم عقارٍ محدَّد يقتضي عادةً تحليلًا لمنطقة سوقه.

- تحليل السوق: يتركّز على مناطقَ واسعة كالمقاطعات أو المدن أو الأقاليم المحدَّدة. ولا ينطوي هذا المنهج على عقارٍ بعينه موضوع تقييم، فلا يقتضي من ثمّ نتيجةَ قيمة. ويتمحور سير العمل حول تطوير النموذج والتحقق منه وتوليد التحليلات المُسنِدة. وتنتهي العملية بمجرد تعرّف النموذج الأمثل وتوثيقه.
- تحليل العقار المفرد: يشمل كل عناصر تحليل السوق مضافًا إليها تحديدُ قيمة عقارٍ بعينه. وهذا يختلف اختلافًا جوهريًا عن مناهج التقييم التقليدية. ففي المناهج التقليدية، تُشتقّ القيمة عادةً بتعديل ثلاث إلى تسع مبيعاتٍ مقارِنة وحساب متوسطٍ مرجَّح. أما RCA فيحدّد القيمة أساسًا عبر مكوّنين:

  1. القيمة المتنبأ بها في نموذج MARS
  2. والباقي المقدَّر الخاص بالعقار (مع درجة CQA المرتبطة به)

  وتخدم شبكةُ المبيعات في RCA في المقام الأول شرحَ فروق القيمة بين العقار موضوع التقييم والمقارنات بتوضيح إسهامات المتغيرات. ومن أبرز مزايا RCA ثباتُه: فمع أن العملاء قد يجادلون في انتقاء المقارنات، تبقى نتيجةُ القيمة متّسقة أيًّا كانت المقارنات المختارة للعرض، إذ تُعدَّل كل المبيعات (خمس عشرة كانت أو ستمئة) بالنموذج نفسه. ومع أن المبيعات الأقدم تُعدَّل تلقائيًا إلى ظروف السوق الحالية، فالمبيعاتُ الحديثة أفضلُ عمومًا. فقدرةُ النموذج على التقاط عوامل السعر تضعف مع البُعد الزمني، إذ تزداد أهميةُ خصائص السوق غير المقيسة على المدد الأطول.

2.5 سير عمل المعالجة

يمكن وصف سير عمل المعالجة الإجمالي بهذه الخطوات:

1. نطاق العمل.
2. إعداد مجلدات المشروع وملفاته الأوّلية.
3. تنزيل بيانات MLS. راجع البروتوكولات 1.3–1.1 بشأن عدد سجلات العقارات اللازمة ووضع قيودٍ على النطاقات الزمنية.
4. إكمال أوراق الضبط: متغيرات الانحدار، والتفاعلات، والتجميعات، والحسابات.
5. تشغيل انحدار MARS (R/earth) لإنشاء نموذج السعر.
6. توليد إسهامات قيمة العقارات وبواقيها (الباقي الخام والباقي للقدم المربعة) من نموذج MARS.
7. ترتيب العقارات بالباقي للقدم المربعة.
8. إنشاء درجات CQA لكل بيعةٍ مقارِنة.
9. بافتراض إنتاج ترتيبٍ جودي للعقارات يمثّل حقًا جاذبيتها الإجمالية، أوجِد أفضل موضعٍ للعقار موضوع التقييم في الترتيب وأسنِد إليه درجة CQA، بدراسة اتجاهات النمط الإجمالي في الترتيب.
10. أسنِد الباقيَ للقدم المربعة المقابل إلى العقار موضوع التقييم بوصفه الباقيَ للقدم المربعة · مساحة المعيشة (للعقار موضوع التقييم).
11. **اجمع تقدير سعر MARS والباقي المُسنَد للوصول إلى نتيجة قيمة العقار موضوع التقييم.**
12. فكّك باقي العقار موضوع التقييم إلى مكوّناتٍ وصفية وإسهامات قيمة.

13. احسب إسهامات القيمة والتعديلات التي ينتجها النموذج للمقارنات، مع كل المجاميع الفرعية وأسعار البيع المعدَّلة.
14. وستساوي أسعارُ البيع المعدَّلة نتيجةَ القيمة النهائية للعقار موضوع التقييم.
15. اختر أشبه ستة إلى اثني عشر عقارًا لشبكة المبيعات.
16. فكّك مبالغ الباقي الإجمالية للمقارنات إلى إسهامات قيمةٍ لمكوّنات الباقي، مع ضبط قيمة إجمالي الباقي على 0 بعد إتمام التفكيك.
17. أعِد حساب كل المجاميع الفرعية وسعرِ البيع المعدَّل للمقارِن في شبكة المبيعات. وتحقّق من القيم.
18. ارفع شبكة المبيعات إلى التقرير.

ولاحظ أن نتيجة القيمة النهائية في RCA لا تُشتقّ مباشرةً من قيم المقارنات في شبكة المبيعات. فمع منهج RCA تصير شبكةُ المبيعات أداةً لشرح سببِ بيع العقارات التي تبدو شبيهةً بالعقار موضوع التقييم بأكثر أو بأقل من نتيجة القيمة النهائية أو من القيمة المقدَّرة للعقار موضوع التقييم، لا أكثر. ويجب النظر إلى ذلك على نحوٍ مختلف: فنتيجةُ قيمة العقار موضوع التقييم تتوقّف على تقدير سعر نموذج MARS وعلى الباقي الذي يقدّره مهندسُ التقييم. لكن هاتين الكمّيتين شديدتا التوقّف على كل العقارات التي دخلت انحدار R/earth، الذي أنشأ ترتيبَ بواقي العقارات الذي حدّد درجة CQA للعقار موضوع التقييم، فحدّد بذلك باقيَه عبر وضعِه في الترتيب من مهندس التقييم. والتعديلاتُ في شبكة المبيعات تحدّدها في الحقيقة القيودُ الرياضية المفروضة في RCA، وإن كان تفكيكُ الباقي متروكًا بعض الشيء لمهندس التقييم، إذ يجب دائمًا أن يكون مجموعُ إسهامات قيمة التفكيك مساويًا للباقي المرتبط به. ونعلم من البرهان 2 أنه مع تفاوت القيم الفعلية لمكوّنات الباقي بحسب حكم مهندس التقييم، فإن مجاميعها لعقارٍ بعينه مقيَّدةٌ تقييدًا تامًّا، ولن تغيّر من ثمّ سعرَ البيع المعدَّل للعقار المرتبط بها، أيًّا كان تغييرُ مهندس التقييم لتفكيك الباقي.

3.5 سير عمل البيانات

لاحظ أنه لا يُعرض في هذا البحث إلا سيرُ عملٍ على مستوًى عالٍ لمنهج RCA. وستتعمّق مقالاتٌ أخرى في مختلف أطوار تحليل RCA وأطواره الفرعية.

1.3.5 متطلبات البيانات لـMARS

سنحتاج إلى تحديد تاريخِ بدءٍ لمعاملات البيع وتاريخِ انتهاءٍ قائم على التاريخ الفعّال للتقييم. ويراعي ذلك عادةً العددَ المقدَّر لمتغيرات الانحدار والتفاعلات اللازمة لكل درجة تفاعلٍ فوق الواحدة.

2.3.5 البروتوكولات: إدراجات المبيعات المُغلَقة

بروتوكول 1.1: تحديد عدد إدراجات المبيعات المُغلَقة اللازمة من MLS

يصف هذا البروتوكول كيفية حساب الحد الأدنى المُوصى به لعدد إدراجات المبيعات المُغلَقة المُدخَلة في انحدار MARS. وستحتاج ابتداءً إلى تقديرٍ تقريبي، ثم تشغّل MARS بتشغيلاتٍ من الدرجة الأولى والثانية وربما الثالثة لتوليد النموذج الأوّلي، ثم تراجع عدد الصفوف وفق القواعد الآتية لتحديد ما إذا كنت تحتاج إلى مزيدٍ منها. ويفترض هذا البروتوكول أن المتغيرات المستقلة مستقلةٌ بنسبة 100%، وهو ما يندر في العقارات؛ فمساحة المعيشة وأعداد الغرف مثلًا شديدةُ الارتباط عادةً، ومساحة المعيشة يُرجَّح كذلك أن تُظهر ارتباطًا بمساحة الأرض. وهذا يدخل في حساب ``درجات الحرية (DOF)". فكل متغيرٍ مستقلٍّ حقًا يحصل على درجة حرية واحدة. لكن حين توجد تبعياتٌ بين ما يُسمّى المتغيرات المستقلة، يقتضي الحسابُ الدقيق لدرجات الحرية تحليلًا يتجاوز نطاق هذا البحث. وحسبُك أن تتذكّر أنه بسبب الترجيح القائم على الخطية المشتركة بين المتغيرات، تكون التقديراتُ أدناه مبالَغًا فيها على الأرجح.

1. في حدود الرتبة الأولى (بلا تفاعلات)، تعمل قاعدةُ نحو 15 صفًّا لكل متغير عملًا جيدًا
2. ولكل تفاعلٍ ثنائي مسموح به، ينبغي أن تضيف نحو 15–30 عقارًا
3. وللتفاعلات الأعلى رتبةً (ثلاثة متغيرات فأكثر)، ينبغي لكلٍّ منها 30 عقارًا فأكثر.

غير أن هذه ليست قاعدةً صارمة. فالعدد الفعلي اللازم قد يتوقّف على:

- نسبة الإشارة إلى الضوضاء في بياناتك
- تعقيدِ العلاقات التي تحاول نمذجتها
- تقلّبِ متغيرك المستجيب
- جودةِ بياناتك

مثال:

فإن كان لديك:

- 10 متغيرات رئيسة
- 5 تفاعلاتٍ ثنائية مسموح بها
- 2 تفاعلٍ ثلاثي مسموح به

فقد تحسب الحدّ الأدنى لعدد المبيعات هكذا:

```
N = (10 variables * 15 rows/variable ) +
      (5 two-way-interactions * 22 rows/two-way-interaction) +
      (2 three-way-interactions * 30 rows/three-way-interaction)
      = 320 rows
```

وبدلًا من ذلك، يمكنك أن تفعل الآتي: بعد تشغيل R/earth على مجموعة بيانات، يمكنك استعمال عدد دوال الأساس في النموذج زائدًا واحدًا تقديرًا لدرجات الحرية، ثم تضرب هذا العدد في 30–20 للحصول على عدد سجلات الإدخال اللازمة.

بروتوكول 2.1: ينبغي أن تشمل مدد البيع تغيّرًا أدنى في أذواق المشترين

عند جمع بيانات العقارات التاريخية، لا يوجد حدٌّ زمني صارم إن أمكن التقاطُ تغيّرات تفضيلات السوق عبر متغيراتٍ ملائمة. وانظر في هذه النقاط الرئيسة لمعالجة التطوّر المعماري في سوقك: يمكن نمذجةُ تغيّرات الطرز المعمارية المهيمنة (كالانتقال من طراز California Ranch إلى المتوسطي) باستعمال:

- معرّفات التقسيمات
- رموز مناطق MLS
- نطاقات تواريخ البناء

غير أنه إن تعذّر التقاطُ تغيّرات الطراز هذه التقاطًا كافيًا عبر متغيراتٍ بعينها، واجهتَ قيدًا مهمًّا: فمع أن تاريخ البيع يُستعمل عادةً للتعديل لظروف السوق، فإن استعماله في آنٍ لضبط التفضيلات المعمارية سيخلط بين هذين الأثرين المتمايزين. وفي مثل هذه الحالات، المقاربةُ المفضَّلة إما:

1. أن تقصر جمعَ بياناتك على المدة التالية لظهور الطراز المعماري الأحدث
2. أو أن تقيّد انتقاءك للمقارنات بالتقسيمات المشتركة في الطراز المعماري نفسه

وهذا يضمن حفاظَ تحليلك على الاتساق في خصائص العقارات مع إتاحة التعديل السليم لظروف السوق عبر الزمن. وبدلًا من ذلك، في هذه الحالة على الأقل، وبافتراض قدرتك على استخراج الطراز المعماري من البيانات، يمكنك النظر في التفاعل بين هذين المتغيرين. غير أن هذا الاستخراج ليس ممكنًا دائمًا.

بروتوكول 3.1: إن كنتَ في منطقةٍ قليلة المبيعات فافعل ما بوسعك

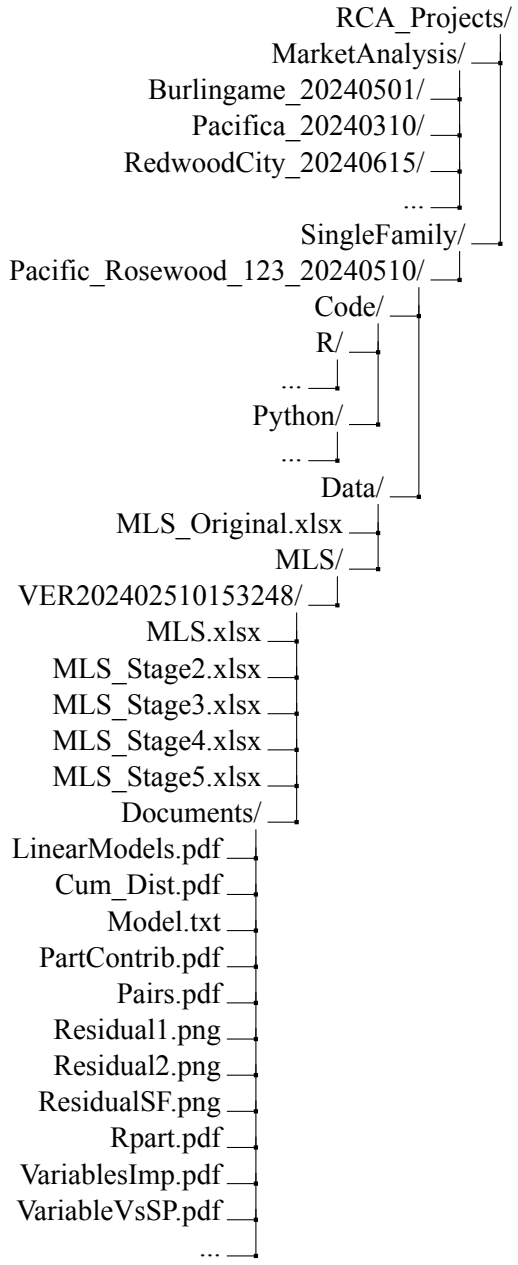
عند العمل بنمذجة MARS على بيانات المبيعات، تحتاج إلى نحو 15 معاملة لتحليلٍ ذي معنى. فإن كان لديك مبيعاتٌ أقل (خمسةُ عقارات مثلًا)، أمكنك تكرارُ كل سجلٍّ مرتين لبلوغ عتبة الخمسة عشر عقارًا. وثمة اعتباراتٌ مهمة لهذه المقاربة:

1. استعمل انحدار الدرجة الأولى وحده للحدّ من فرط الملاءمة
2. وتجاهل التحقق المتقاطع أو تخطَّه، إذ إن مجموعة البيانات محدودةٌ أكثر مما ينبغي
3. ومع أن MARS يُرجَّح أن تتفوّق على الأزواج المتطابقة أو على مناهج الانحدار الخطي المعيارية في هذا السيناريو، فكن على وعيٍ بأن تكرار البيانات يؤثّر في صحة قياسات عدم اليقين والدلالة الإحصائية

وأفضلُ حلٍّ على المدى الطويل توسيعُ مجموعة بياناتك بمبيعاتٍ فعلية إضافية. غير أنك إن اضطُررت إلى المضيّ ببياناتٍ محدودة، فتكرارُ البيانات يوفّر حلًّا مؤقتًا قابلًا للعمل مع الإقرار بحدوده الإحصائية.

4.5 بنية مجلدات المشروع

يحسن مناقشةُ بنية مجلدات المشروع. فمن الجيد أن يكون ثمة مجلدٌ منفصل لتحليلات السوق وآخر لتقييمات العقار المفرد. ولكلا المجلدين بنيةُ مجلداتٍ فرعية متشابهة:



ستُنشئ معالجةُ الطور 1 مجلدَ النسخة بمجلداته الفرعية. وستنسخ MLS_Original.xlsx، مع أن هذا الجدول **ينبغي** ألّا يتغيّر أبدًا، بل أن يعكس بالضبط ما نُزّل من MLS في تاريخٍ ووقتٍ معيّنين؛ ومع ذلك يبقى احتمالُ الحاجة إلى تنزيلٍ جديد في مشروعٍ أطول. ثم يصنع هذا الطور نسخةً من مصنَّف MLS.xlsx المُوسَّع بمعاملات ضبطه، في مجلد النسخة. وقد توجد مجلداتُ نسخٍ كثيرة، أُنشئ كلٌّ منها لتشغيلٍ كامل لـMARS.

ثم تولّد الأطوارُ التالية إضافاتِ أعمدة وفرزًا وتغييراتٍ أخرى على المصنَّف، وتكتب نسخةً محدَّثة باسم MLS_Stage(N) في مجلد بيانات المشروع عند إتمام التقييم. وتكرارًا: مجلدُ MLS.xlsx الجذري يخضع لتغيّرٍ مستمر، فنسخةُ الإصدار طفرةٌ متواصلة من مصنَّف MLS الأصلي، بحذفٍ وإضافةٍ للمتغيرات وبتغييراتٍ أخرى. وشفرةُ المعالجة بـR أو Python ستعمل على الأرجح بإدخالٍ من مصنَّف Data MLS.xlsx. وهكذا تبقى لدينا دائمًا نسخةٌ من كل البيانات وراء كل نسخةٍ من تشغيل RCA.

وتُنشأ من النسخ ما يلزم حتى يتعذّر إحداثُ تحسينات، وعندئذٍ تُختار أفضل نسخةٍ نسخةً نهائية. ويمكن تغييرُ اسم المجلد بإضافة"_Final" إلى آخره، فيظهر ذلك عند تصفّح الدليل. ويحسن عادةً الاحتفاظُ ببعض النسخ الأقدم ذات النماذج المثيرة للاهتمام أو المنافِسة. ويحتوي كل مجلد نسخةٍ على عددٍ من ملفات النصوص والمخططات والرسوم يمكن تضمينُها في تقرير. ويحتوي مصنَّف MLS_Stage5.xlsx النهائي على ما يلزم من أوراقٍ للتقرير. وقد يحتوي خصوصًا على جدولٍ للنقل إلى شبكة مبيعات Fannie Mae. وسيحتوي بالضرورة كذلك على الحسابات أو التفكيكات وراء التجميعات. وهذا هو على الأرجح أشدُّ أجزاء منهج RCA استهلاكًا للوقت --- أي الكفاح لإيجاد النموذج المثالي في منطقة سوقٍ صعبة.

وكلُّ ما يلزم لإعادة إنشاء شبكات المبيعات يجب نسخُه إلى مجلد النسخة، بما فيه شفرةُ R أو Python المستعملة --- إن كانت الشفرة تخضع لتغييراتٍ متكررة.

1.4.5 البروتوكولات: تشغيلات MARS (earth) المتعددة

بروتوكول 1.2: تشغيلات فرط الملاءمة لدراسة عوامل التسعير في منطقة السوق دراسةً جراحية

في تشغيلات earth الأولى، ينبغي استعمال فرط الملاءمة استعمالًا استراتيجيًا لاكتشاف عوامل السعر الأساسية. فمنطقةُ سوقٍ تمثّلها ثمانمئة بيعة مثلًا قد لا تضمّ إلا ثلاثة عقاراتٍ فيها ورش، وقد يكون للورشة في تلك الحالات المعزولة أثرٌ كبير في سعر البيع النهائي. وتشغيلٌ بالمرور الأمامي وحده سينتج نموذجًا مفرطَ الملاءمة يُظهر إسهام القيمة التقريبي لهذه الورش. غير أنه لمّا كانت هذه المبيعات ثلاثًا من ثمانمئة، فستُزال حدودُ الورشة في المرور الخلفي، وقطعًا تحت التحقق المتقاطع. والقيمةُ التي يسندها المرورُ الأمامي وحده إلى الورش يمكن تدوينها ونقلها إلى تحليل المتغيرات الكامنة، لتُستعمل لأي عقارٍ ذي ورشة يظهر في شبكة المبيعات. وتعطي هذه النماذجُ مفرطةُ الملاءمة كذلك تقديراتٍ تفصيلية لكثيرٍ من الخصائص الأخرى رقيقة البيانات التي كان تشذيبُ المرور الخلفي أو التشغيلاتُ المتحقَّق منها تقاطعيًا ستحذفها.

واحفظ كلَّ تشغيلٍ استكشافي من هذه في مجلد نسخته الخاص: فإسهاماتُ القيمة المسجَّلة بيّنةٌ سيرغب مهندسُ التقييم في الاستشهاد بها عند تفكيك البواقي لاحقًا. وافهم بالطبع أن على مهندس التقييم في النهاية أن يتّكل على التشذيب والتحقق المتقاطع ليجعل النموذجَ النهائي حصينًا في مواجهة عقاراتٍ لم يرها الانحدارُ قط --- كعقارٍ موضوع تقييمٍ يظهر لاحقًا. فالتشغيلاتُ مفرطة الملاءمة أدواتُ دراسة؛ وليست النموذج النهائي أبدًا.

بروتوكول 2.2: تشغيلات متعددة متحقَّق منها تقاطعيًا بمعاملات earth() مختلفة

تختلف مناطقُ السوق بنيةً وحجمًا، ويحتاج مهندسُ التقييم عادةً إلى التجريب بسلسلةٍ من التشغيلات: ليكوّن فهمًا لأيّ المتغيرات أشدُّ تأثيرًا في السعر؛ وليحكم على ما إذا كانت المجموعةُ القائمة من المتغيرات المقيسة تؤدي عملًا كافيًا في تقدير القيمة، أم يجب إضافةُ بياناتٍ جديدة (المسافة إلى الماء، والارتفاع، والمسافة إلى مراكز التسوّق، وما إليها)؛ وليكتشف أنواعًا جديدة من التفاعلات مع منع غيرها بوصفها غير كفؤة أو مضلِّلة. وهو يريد في النهاية R2 جيدًا على بيانات التدريب وأفضلَ CVR2 ممكنًا على بيانات الاختبار. وبلوغُ ذلك قد يقتضي جمعَ بياناتٍ جديدة، أو تحسينَ دقة البيانات القائمة، أو ضبطَ معاملات earth() على حجم منطقة السوق وطابعها (كضبطها على درجات الحرية المتاحة --- انظر البروتوكول 1.1).

ولهذا بالضبط تدعم بنيةُ المشروع أعلاه مجلداتِ نسخٍ كثيرة للتشغيلات: فكلُّ نموذجٍ مرشَّح محفوظٌ بمعاملاته وبـCVR2/R2 الخاصين به، فيمكن مقارنةُ المسار عبر التشغيلات. والنسخةُ التي يرتفع فيها R2 بينما يتوقّف CVR2 أو يهبط تلائم ضوضاءً لا إشارةَ سوق، وسجلُّ النسخ هو ما يجعل ذلك مرئيًا.

بروتوكول 3.2: توسيع الملاحظات وأعمدة الخصائص الوصفية بـProlog

مع أن هذا المرفق ما يزال في طورٍ تجريبي بعض الشيء، صار earthUI يأتي بمحرّك Prolog مُضمَّن (vProlog) ويستعمل النحوَ ذا الجمل المحدَّدة (DCGs) لتحليل أعمدة النصّ الحرّ في MLS --- وأولها الملاحظات العامة، وكذلك ملاحظات الوكيل وقوائم الخصائص المفصولة بفواصل كخصائص الغرف أو المنشآت القائمة. والتوسيعُ يحوّل عباراتٍ مثل "owned solar" أو "3 car garage" أو "40x50 workshop" إلى أعمدة خصائص عادية يمكن عرضها على الانحدار، والخصائصُ رقيقة البيانات المستردّة بهذه الطريقة تغذّي تحليلَ المتغيرات الكامنة مباشرةً (انظر القسم الفرعي اللاحق عن تصنيفات الحالة والجودة بوصفها متغيراتٍ انحدارية تقريبية؛ والخاصيةُ نفسها موثَّقةٌ في مقال earthUI المرافق في هذا العدد).
وتوسيعُ النصّ يضاعف مجموعةَ المتنبئات المرشَّحة، وهو ما يستلزم تشغيلاتٍ متعددة لـRCA/earth للاختبار: إذ يجب تجريب الأعمدة المُوسَّعة داخل النموذج وخارجه، ودمجُها في أعدادٍ أو قيمٍ منطقية مشتقّة حيث تكون خطيةً مشتركة، وفحصُها في مقابل CVR2 للتأكّد من أنها تحمل إشارةَ سوقٍ لا ضوضاء. وعامِل كلَّ تجربةٍ من هذه مجلدَ نسخةِ تشغيلٍ خاصًّا بها، تمامًا كما في البروتوكولين 2.1 و2.2. ولمّا كان نحوُ التحليل نفسُه قيد التطوير، فعلى مهندس التقييم مراجعةُ الأعمدة المستخرَجة في مقابل النصّ المصدر قبل الاتّكال عليها في نموذج.

5.5 مصنَّف Excel الجوهري

لمّا كانت معظم خدمات MLS تنزّل بيانات العقارات إلى أوراق Excel CSV، فـExcel على الأرجح أيسرُ سبيلٍ لتخزين البيانات ومختلف معاملات الضبط. وثمة مصنَّف Excel جوهري واحد لكل مشروع اسمه MLS.xlsx، فيه ورقةٌ واحدة اسمها "MLSData" لتخزين إدراجات مبيعات العقارات المُغلَقة المنزَّلة من MLS، إضافةً إلى عدة أوراقٍ للضبط والمعاملات:

MLS.xlsx/ Workbook:
- Data Project Sheet:
- MLSData Sheet:
- Variables Regression Sheet:
- Calculations Sheet:
- Interactions Allowed Sheet:
- Aggregations Sheet:
- parameters) run (MARS Sheet:

وتُخزَّن البياناتُ الأصلية في مصنَّفٍ باسمٍ نحو MLS_Original.xlsx. وينبغي عمل نسخةٍ باسمٍ مختلف، وليكن "MLS.xlsx"، تُحمَّل في برنامج RCA بـR أو Python. ويُخزَّن كلا المصنَّفين تحت مجلد Data. وسيمرّ مصنَّف Data/MLS.xlsx على الأرجح بتكراراتٍ كثيرة من التشغيلات، تجريبًا لتركيباتٍ مختلفة من المتغيرات ومعاملات MARS وتغييراتٍ في إعداداتٍ أخرى. وينشئ كلُّ تكرارٍ مجلدَ إدخالٍ وإخراج جديدًا مسمّى بالتاريخ والوقت، بصيغة VER_YYYYMMDDHHMMSS. ويحتوي كلُّ مجلدٍ على نسخةٍ من مصنَّف الإدخال MLS.xlsx وعلى مصنَّفات Excel المولَّدة لكلٍّ من أطوار المعالجة الأربعة (الأطوار 5–2)، إضافةً إلى مستندات النصوص والمخططات والرسوم المُخرَجة. ولاحظ أن الطور 5، وهو النهائي، قد يحتوي على عددٍ من الأوراق الأخرى للتقرير، بحسب نوع العميل ونطاق العمل.

6.5 النسخ الاحتياطية

عند كتابة جداول Excel الجديدة أو المعدَّلة في مجلدات نسخ المشروع، يمكن كذلك عمل نسخٍ احتياطية في قواعد بيانات SQLite أو PostgreSQL في مجلد المشروع. فملفاتُ قواعد البيانات أقلُّ عرضةً للتلف غير المقصود في المدد اللاحقة، عبر المراجعة أو الاستعمال المرجعي.

6 ترميز المصنَّف

1.6 الأبعاد الوصفية

ثمة نحو ستة أبعادٍ وصفية لمصنَّفٍ "M":

1. التقييمات "a"
2. نسخ التشغيل "r"
3. أطوار سير العمل "w"
4. الأوراق "s"
5. إدراج العقارات "p"
6. مجموعة المتغيرات "v"

فيمكن وصفُ خليةٍ مفردة في مصنَّفٍ M بعينه هكذا:

$$\begin{matrix} \mathrm{r}_* \\ \mathrm{w}_* \end{matrix} \overset{\mathrm{a}_*}{\underset{\mathrm{s}_*}{W}} \begin{matrix} \mathrm{p}_* \\ \mathrm{v}_* \end{matrix} \tag{1}$$

(ملاحظة: "*" تعني فهرسًا صحيحًا ما)

أو:

$$\begin{matrix} i = 1, \ldots, n_p \\ j = 1, \ldots, n_v \\ k = 1, \ldots, n_r \\ m = 1, \ldots, n_m \\ g = 1, \ldots, n_g \\ h = 1, \ldots, n_h \end{matrix} \qquad \begin{matrix} \mathrm{r}_k \\ \mathrm{w}_m \end{matrix} \overset{\mathrm{a}_g}{\underset{\mathrm{s}_h}{W}} \begin{matrix} \mathrm{p}_i \\ \mathrm{v}_j \end{matrix} \tag{2}$$

حيث:

n_p	= عدد الصفوف (بحسب الورقة)
n_v	= عدد الأعمدة (بحسب الورقة)
n_r	= عدد نسخ التشغيل
n_m	= عدد أطوار سير العمل
n_g	= عدد مشاريع التحليل
n_h	= عدد أوراق المصنَّف

وافهم أن "W" تحيل إلى مصنَّف Excel كاملًا بأوراق بياناته الجوهرية الست، ولكلٍّ منها جدولُها الخاص، وهي تُحمَّل عند تشغيل برنامج R أو Python المرتبط بها في أطر بياناتٍ داخلية منفصلة. ولكلٍّ من R وPython دوالُّ داخلية تستطيع أخذ اسمٍ وإيجاد أي صفٍّ أو عمودٍ من إطار البيانات يخصّه. فمثلًا، إن كان في الدليل السفلي v_j لدينا $v =$ ("GLA"، "LotSize"، "BathRms"، "BedRms"، ...) وكانت $j = 0$، فإن $v_j =$ "GLA". وستستطيع R أو Python داخليًا حلَّ "GLA" إلى العمود المخزَّنة فيه، والذي قد يكون مثلًا العمود 15 من إطار البيانات المرتبط. فنحن في هذا البحث نفهرس داخل مصفوفات أسمائنا، التي تمرّر اسمًا إلى البرنامج العامل الذي يعيد فهرسة ذلك الاسم إلى فهرس العمود أو الصف الفعلي لإطار البيانات الداخلي. وهذا معقّدٌ بعض الشيء. لكنه، توخّيًا للدقة، ضروريٌّ وأيسرُ ما يكون. وهو ``فصلٌ للمسؤوليات" بين دور المحلّل ودور المطوّر؛ وإن كان مهندسُ التقييم في الواقع قد يؤدي الدورين معًا. ولاحظ أن ``إطار البيانات" في R يُسمّى "dataframe" في Python.

ولاحظ كذلك أن ورقة معاملات زمن تشغيل MARS ليست بُعدًا من أبعاد W، إذ تتعلّق W بنسخة البيانات المُدخَلة في MARS، منفصلةً عن المعاملات التي تحدّد كيف تعالج earth/MARS تلك البيانات.

وتوخّيًا للوضوح، يُعرَض ترميزٌ متعدد الأبعاد معقّد للمصنَّف يتّصل اتصالًا أوثق بأطر بيانات R أو Python الداخلية التي تُحمَّل فيها أوراقُ مصنَّف البيانات. وهو ترميزٌ ``ثقيل". لكننا حين نصل إلى البراهين وما إليها، نطرح كثيرًا من هذا الحمل بافتراضاتٍ عمّا نعمل عليه. ومع ذلك يعين هذا الترميزُ على نظرةٍ أفضل إلى سير العمل والبيانات من البداية.

فلنبدأ بترميز مجموعة المصنَّفات التي سنعالجها.

1.1.6 بُعد المشروع (“a”)

بمجرد اعتماد نطاق العمل (SOW)، يلزم إعدادُ مجلد مشروعٍ لتخزين بيانات الإدخال والإخراج، بما فيها معاملاتُ الضبط والرسومُ والمخططاتُ والجداولُ ومقتطفاتُ التقرير المُخرَجة. وينبغي لمهندس التقييم أن يعرّف كل المشاريع بمعرّفٍ تسلسلي بسيط، كعددٍ صحيح، بحيث يظهر الأمر جليًا لو ضاع تقرير. وإن أُلغيت مشاريع، وجب أن تكون ثمة وسيلةٌ متّسقة للدلالة على إلغاء المشروع داخل مجلده، لكن لا ينبغي حذفه أبدًا. ونفترض أن معرّفات المشاريع تبدأ من 0 وتتزايد بواحد، وإن كانت ثمة إمكاناتٌ أخرى. ونفترض كذلك أن كل معرّفات المشاريع الصحيحة مخزَّنةٌ في مجموعةٍ مرتَّبة ”a“ مُنشأة ببرنامج المعالجة.

وبياناتُ مشروع التقييم في ورقة المشروع من المصنَّف، لكن يمكن كذلك تخزينها في قاعدة بيانات SQL مركزية.

وإليك حقولَ المشروع المقترحة:

1. المعرّف المحلي: معرّفٌ صحيح قصير يُولَّد تسلسليًا للشركة. وهذا يصلح مفتاحًا أوّليًا ممتازًا للتخزين --- ويمكن أن تولّده قاعدةُ البيانات تلقائيًا مع كل مشروعٍ متعاقب.
2. المعرّف العالمي GUID: إن شئت، يمكنك إنشاء GUID (معرّف عالمي فريد) باستعمال

   https://www.uuidgenerator.net/

3. موقع العقار (في تحليل السوق) أو العنوان
4. التاريخ الفعّال للتقييم
5. تاريخ الطلب
6. تاريخ المعاينة
7. تاريخ التقرير الأصلي
8. تاريخ التقرير المحدَّث الأول
9. تاريخ التقرير المحدَّث الثاني
10. تاريخ التقرير المحدَّث الثالث
11. اسم العميل
12. عنوان العميل
13. اسم المُقرض
14. عنوان المُقرض
15. اسم المالك
16. عنوان المالك
17. ...

مثالٌ على قائمة معرّفات المشاريع:

(“1”, = a
“2”,
“...,”
“141”,
“142”)

2.1.6 بُعد نسخة التشغيل (“r”)

ثانيًا في سير العمل، ننفّذ انحدار MARS على المُدخَل. وهذا سينطوي على الأرجح على عدة تنفيذاتٍ أو كثير منها ونحن نغيّر مختلف المعاملات لتحسين النموذج. وسينشئ كلُّ تنفيذٍ مجلدَ نسخةٍ جديدًا للمخرجات، باسمٍ قائم على تاريخ التنفيذ ووقته. فمثلًا،

(“ver20241210_083124”, = r
“ver20241209_151130”,
“ver20241208_160944”)

latest_version : $r_1 =$ ``ver20241210_083124"

وينبغي الاحتفاظ بالنسخ الواعدة ذات النماذج والمخرجات المنافِسة حتى يُبتّ في النسخة النهائية، وربما أطول إن كانت لها فائدة. وقد ترغب في تعديل مجلد النسخة للدلالة على أنه النهائي، بوضع "Final" في آخر الاسم.

3.1.6 أطوار سير العمل ("w")

يُقسَّم سير عمل RCA عادةً إلى خمسة أطوارٍ منفصلة، كما هي مدرَجة أدناه. ويجب أن يكتمل كلُّ طورٍ بنجاح قبل بدء التالي. وينبغي أن يستطيع مهندسُ التقييم إيقاف المعالجة في نهاية طورٍ لمراجعة النتائج قبل المضيّ. وهذا لازمٌ لأن مناطق السوق معقّدةٌ إلى حدٍّ بعيد وكثيرًا ما تكون فريدة. فقد تُصادَف مشكلاتٌ غير معتادة تتطلّب مقاربةً جديدة. ويجب أن يستطيع مهندسُ التقييم الدخول في شفرة R أو Python لإجراء التغييرات اللازمة بل ولتجريب مقارباتٍ جديدة. وفي مثل هذه الحالات قد يرغب في التجريب وفي مقارباتٍ مختلفة تقتضي تشغيلاتٍ متعددة للطور نفسه الذي يعمل عليه. وإن كان ينبغي أن يكون مهندسُ التقييم حرًّا كذلك في تشغيل كل الأطوار بأمرٍ واحد --- مع تحفّظات (فتجميعُ الدرجة الثالثة مثلًا يجب أن يكون قد تحدّد سلفًا عبر تشغيلٍ سابق للطور 2). ومعنى ذلك أن على كل طورٍ عند اكتماله أن يخزّن كل بياناته الداخلية في ملفاتٍ أو قواعد بيانات، حتى يمكن بدءُ الطور التالي كأن الطور السابق ما يزال في الذاكرة، بإعادة تحميل بيانات الطور السابق إلى الذاكرة.

وإليك الأطوار:

```
w = ("stage1",   — الإعداد
     "stage2",   — معالجة MARS
     "stage3",   — شبكة المبيعات النهائية
     "stage4",   — مقتطفات التقرير
     "stage5")   — المراجعة والتنظيف
```

stage2 : $w_2 =$ ``stage2''

4.1.6 أوراق مصنَّف Excel ("s")

في مصنَّف Excel الجوهري لـRCA لدينا الأوراق الآتية، وتُطبَّق كلٌّ منها على إطار بياناتٍ داخلي:

```
s = ("MLSData",
     "Regression Variables",
     "Calculations",
     "Interactions",
     "Aggregations 1st & 3rd Degree",
     "Aggregations 2nd Degree")
```

والسببُ في وضع تجميعات الدرجة الثانية في ورقةٍ منفصلة أنها تُعرَّف على أيسر وجهٍ بجدولٍ متماثل يعرض كل أزواج التفاعلات الممكنة، فيتيح تحديدَ متغير تجميعٍ تُجمَّع إليه (تُضاف) إسهاماتُ القيمة والتعديلات المرتبطة بكل زوج. ولم يمكن فعلُ ذلك مع تجميعات الدرجة الثالثة لأن ذلك كان سيقتضي جدولًا متماثلًا ثلاثي الأبعاد، وهو غير ممكن في Excel. وفضلًا عن ذلك، فجدولٌ بأبعاد 20×20×20 سيكون ثمانيةَ آلاف خلية للتعامل معها. والأيسرُ أن تُدرَج أسماءُ حدود الدرجة الثالثة في الجدول مع تجميعات الدرجة الأولى، مثلًا:

Variable	Aggregate To
AboveGradeFinArea	GLA
BelowGradeFinArea	BGLA
UnfinArea	UBA
LotSize	LotSize
...	...
GLA__LotSize	GLA
GLA__DateOfSale	GLA
BathRms__DateOfSale	GLA
Lat__Long	Location
Lat__Long__GLA	Location
...	...

5.1.6 إدراجات العقارات (“p”) --- صفوف MLSData

تشكّل إدراجاتُ العقارات صفوفَ ورقة MLSData. ولا تُوجد في الأوراق الأخرى حتى الطور 4، حيث تُنشأ مقتطفاتُ التقرير النهائية بالانتقاء النهائي للعقارات المقارِنة. وإليك قائمةً نموذجية بمعرّفات العقارات:

$$(\text{“MLS823211”, “MLS823456”, “MLS823542”, “MLS823721”, “...”}) \qquad = \mathrm{p}$$

6.1.6 متغيرات MLS (“v”) --- أعمدة MLSData

سيأتي مزيدٌ من الكلام على معالجة المتغيرات لاحقًا. وحسبُنا هنا أن نذكر أن ورقة MLSData فيها عادةً من ثلاثين إلى أربعين متغيرًا من أنواعٍ شتى، لكن لا يُنتقى منها عادةً إلا عشرة إلى عشرين متغيرًا مستقلًا لانحدار MARS. وتظهر هذه المتغيرات في أوراقٍ أخرى كذلك، وإن كان ذلك عادةً في صورة قائمةٍ بكل المتغيرات الممكن استعمالها لتقديمها إلى MARS. ومثالٌ على قائمة متغيرات:

$$(\text{“GLA”,“SalePrice”,“BedRms”,“BathRms”,“GarageSF”,“...”}) \qquad = \mathrm{v}$$

7.1.6 مثالٌ ختامي على الترميز

فلنجمع الترميزَ أعلاه في مثالٍ ختامي. وباستعمال القوائم أعلاه، ليكن

$$\overset{\mathrm{r}_1}{\underset{\mathrm{w}_1}{}}\overset{\mathrm{a}_{141}}{\underset{\mathrm{s}_0}{W}}\overset{\mathrm{p}_2}{\underset{\mathrm{v}_0}{}} \tag{3}$$

ولاحظ أننا نستعمل هنا فهرسةً تبدأ من 0، فيُفترض أن فهرس أول عناصر القوائم هو 0. وPython تستعمل الفهرسة الصفرية أيضًا، أما R فتستعمل الفهرسة الأحادية.

ومعنى ما سبق أننا نتكلّم على قيمة الخلية الخاصة بـ:

- المتغير v_0 أو العمود “GLA”
- للعقار p_2 أو المعرّف “MLS823542”
- من الورقة s_0 أو “MLSData”
- لطور سير العمل w_1 أو “stage2”

- من النسخة r_1 أو
“ver20241209_151130”
- من المشروع a_{141} أو ”142“

ويمكن كذلك كتابةُ الترميز أعلاه هكذا:

$$\underset{\text{``MLSData"}}{\overset{\text{``ver20241209_151130"}}{\overset{\text{``stage2"}}{W}}}\ \overset{\text{"142``}}{\underset{\text{``GLA"}}{\ }}\ \text{``MLS823542"} \tag{4}$$

8.1.6 المسوّغ

``لماذا لا نكتفي بالفهرسة أو بالأرقام في الترميز؟" لدينا شرطان لترميزنا:

1. المجموعات الفرعية؛ فالمحلّل مثلًا كثيرًا ما ينتقي مجموعاتٍ فرعية من قائمة، كمجموعاتٍ فرعية من المتغيرات. فقد يكون في ورقة MLSData من خمسةٍ وثلاثين إلى أربعين متغيرًا، ولا يُستعمل منها في تشغيلٍ بعينه إلا عشرة إلى عشرون. ومن تشغيلٍ إلى آخر يغيّر مهندسُ التقييم كثيرًا المتغيراتِ المقدَّمة إلى earth/MARS.
2. التكرار؛ مثل $i = 1, 2, \ldots, n_1$
فخوارزمياتُنا وبروتوكولاتُنا وبراهينُنا تحتاج عادةً إلى القدرة على التكرار عبر كل عناصر قائمةٍ مرتَّبة، من الأول إلى الأخير --- أو انتقاءِ عنصرٍ بعينه.

فنحتاج إذًا إلى حرفٍ يمثّل المجموعة الفرعية أو قائمة العناصر، ويجب أن يكون له دليلٌ سفلي آخر نستطيع به التكرار على عناصر القائمة لتعطينا السلاسل النصّية المستعملة في الفهرسة داخل صفوف إطار البيانات أو أعمدته.

9.1.6 المصفوفات؟

وماذا عن مصفوفات الجبر الخطي؟ المصفوفات لا تعمل إلا بالأعداد، صحيحةً كانت أو حقيقية. والمصفوفاتُ بوصفها بنية بياناتٍ مدعومةٌ في R وPython كلتيهما. غير أن كثيرًا من المتغيرات التي نعمل عليها في بيانات MLS تُسمّى ``سلاسل نصّية" أو بياناتٍ محرفية. وحتى حين تكون بعض المتغيرات أرقامًا فقط، فهي في الغالب ليست أعدادًا حقيقية بل مجرّد أسماء. فمثلًا، قد تكون رموزُ مناطق MLS لمدينةٍ ما (”660“، ”661“، ”662“، ”663“، …، ”672“). ويتيح انحدار earth تحديدَ المتغيرات متغيراتِ ``عوامل"، وعندئذٍ تُعامَل الأرقامُ أسماءً محضة بلا أي تسلسل. وفي مثل هذه الحالات لا يقدّم النموذج المُنتَج إلا إسهامَ قيمةٍ لكل رقم، لا دالةً تسري على التسلسل. ومن الأمثلة الأخرى ”C1“,…,”C6“ للحالة و ”Q1“,…,”Q6“ للجودة.

10.1.6 التبسيط الأول

الترميزُ أعلاه لمصنَّف المشروع الجوهري في Excel حسنٌ لربط الأمور بعضها ببعض، لكنه ثقيلٌ على الحمل عند شرح الخوارزميات أو البراهين الرياضية. فحين نؤدي العمل الشاقّ، يمكننا أن نفترض أننا داخل المشروع والنسخة والطور والورقة المعطاة. ونكتفي بذكر ما نعمل عليه إن لم يكن ضمنيًا سلفًا. وكلُّ ما نحتاجه حقًا من ذلك، بمجرد بيان ما نعمل عليه، هو:

$$\begin{matrix} i = 1, 2, \ldots, n_p \\ j = 1, 2, \ldots, n_v \\ h = 1, 2, \ldots, n_s \end{matrix} \qquad \underset{\mathrm{s}_h}{M}{}^{\mathrm{p}_i}_{\mathrm{v}_j} \tag{5}$$

حيث:
n_p = عدد العقارات
n_v = عدد متغيرات الإدخال
n_s = عدد أوراق الإدخال

11.1.6 التبسيط الثاني

الأيسرُ إعادةُ تسمية الأوراق بأنواع أطر البيانات التي تسندها بدل استعمال الفهارس. فلصفوف كل ورقةٍ وأعمدتها وظائفُ مختلفة. ومن ثمّ تُقسَّم مجموعةُ أطر البيانات W إلى أطر M وV وA وI وC على النحو الآتي:

◇ **بيانات MLS**

$$\begin{matrix} i = 0, 1, \ldots, n_p \\ j = 0, 1, \ldots, n_v \end{matrix} \qquad W_{0}^{\ p_i}_{\ v_j} \ = \ M^{\ p_i}_{\ v_j} \tag{6}$$

حيث: n_p = عدد العقارات
n_v = عدد متغيرات الإدخال

ملاحظة: العقار موضوع التقييم أولّ دائمًا في قوائم العقارات افتراضًا

في جدول "MLSData" في Excel وإطارِ البيانات المرتبط به، يكون الصف الأول محفوظًا دائمًا للعقار موضوع التقييم. ولا يُفرز أبدًا مع عقارات MLS الأخرى أسفله. ولا يُدخَل قط في انحدار MARS بيانًا مستقلًا، بل يُدخَل بيانًا هدفًا، أي متغيرًا تابعًا. والأمرُ نفسه في قوائم العقارات. ففي كل قوائم العقارات، يُفترض دائمًا أن العنصر الأول ذا الفهرس 0 هو معرّف العقار موضوع التقييم، ما لم يُذكر خلاف ذلك.

وحتى إن كانت المهمّةُ إنشاءَ نموذجٍ لمنطقة سوقٍ بلا عقارٍ موضوع تقييم، يُحمَّل الصفُّ الأول مع ذلك ببيانات عقارٍ صوري. وهذا أيسرُ بكثير في كتابة البرامج، أو تحديد الخوارزميات، أو إجراء البراهين. فإن كنا نستعمل c لتمثيل قائمة العقارات، كان c_0 هو العقار موضوع التقييم، وكانت c_i، $i = 1, \ldots, n_p$، هي الإدراجات المقارِنة التي ستُدخَل في انحدار earth/MARS.

◇ **مواصفات متغيرات الانحدار**

$$\begin{matrix} i = 1, 2, \ldots, n_v \\ j = 1, 2, \ldots, n_s \end{matrix} \qquad W_{1}^{\ v_i}_{\ s_j} \ = \ V_{s_j}^{v_i} \tag{7}$$

حيث: n_v=عدد المتغيرات المتاحة
n_s= عدد المواصفات

ولاحظ أن $n_s \leq n_v$، إذ ننتقي عادةً مجموعةً فرعية من المتغيرات المتاحة لإدخالها في الانحدار.

◇ **الحسابات**

$$\begin{matrix} i = 1, 2, \ldots, n_v \\ j = 1, 2, \ldots, n_c \end{matrix} \qquad W_{2}^{\ v_i}_{\ c_j} \ = \ C_{c_j}^{v_i} \tag{8}$$

حيث: n_v = عدد المتغيرات
n_c = عدد مواصفات الحساب

◇ **التفاعلات**

$$\begin{matrix} i = 1, 2, \ldots, n_f \\ j = 1, 2, \ldots, n_t \end{matrix} \qquad W_{3}^{\ f_i}_{\ t_j} \ = \ I_{t_j}^{f_i} \tag{9}$$

حيث: n_f = عدد المتغيرات المصدر
n_t = عدد المتغيرات الهدف

ولاحظ أن إطار البيانات I إطارٌ متماثل، بمتغيراتٍ مُدرَجة أبجديًا في صفوف ``من" وأعمدة ``إلى". وتُعلَّم الخلايا بـ"1" للدلالة على السماح بتفاعلٍ بين زوج المتغيرات المرتبط بها. وإلا دلّت "0" على عدم السماح بأي تفاعل. وهذا بسيطٌ نسبيًا في التفاعل من الدرجة الثانية، إذ لا يمكن إلا تفاعلٌ واحد. أما في انحدار الدرجة الثالثة فلدينا ثلاثةُ تفاعلاتٍ زوجية بين المتغيرات الثلاثة كلها، حيث يجب السماحُ بكل زوج تفاعلٍ لتوليد حدّ (أو متغير) التفاعل الثلاثي.

◇ **التجميعات**

$$\begin{matrix} i = 1, 2, \ldots, n_v \\ j = 1, 2, \ldots, n_v \end{matrix} \qquad W_{4}^{\ v_i}_{\ v_j} \ = \ A_{v_j}^{v_i} \tag{10}$$

حيث: n_v = عدد المتغيرات

7 شبكة مبيعات RCA

تذكّر أن بروتوكول RCA يقتضي برنامجًا بـR أو Python يستطيع الوصول إلى R/earth وأداءَ كل الخطوات التفصيلية. فهو كثيفُ البيانات، ولا يمكن أداءُ العمل يدويًا البتة. وفي الوقت نفسه، وبافتراض خلوّ البرنامج من العلل، تحتاج إلى برمجيةٍ تضمن أداء العمل المطلوب بدقةٍ وبلا خطأٍ بشري.

ومن الضرورة كذلك أن يستطيع مهندسو التقييم الذين يؤدون هذا العمل تعديلَ مثل هذه البرامج عند الحاجة، ولا سيما حين يتعاملون مع مناطق سوقٍ أو أحياء أو عقاراتٍ جديدة غير متوقّعة أو مع متطلباتٍ أو مشكلاتٍ جديدة.

ولدينا في معالجة RCA ثلاثةُ أنواع من شبكات المبيعات:

1. شبكة معالجة RCA، المسمّاة في هذا البحث "MLSData"، وهي إطار بياناتٍ ضخم جدًا وجدولٌ مرتبط به قد يحتوي على كثيرٍ من التفاصيل الوسيطة التي تمرّ في النهاية بعملية تجميعٍ للوصول إلى شبكة مبيعات RCA المذكورة أدناه. ومثالُها سيكون أكبر من أن يُعرض هنا. والأرجح أن يفصّل مهندسو التقييم هذا الجدول على تفضيلاتهم. وأنوي كتابة بحثٍ منفصل عن تطوير مثل هذه الشبكة في وقتٍ لاحق.

2. وشبكة مبيعات RCA النهائية المستعملة في التقارير غير الموجّهة إلى المؤسسات المدعومة حكوميًا، وهي تشبه Table 2. وهي تحاكي نموذج Fannie Mae مثلًا بما يكفي لتوفير أساسٍ من الألفة للقارئ. غير أنها، كما ترى، تحمل أعمدةً أكثر لكل مقارِن من شبكة Fannie Mae: إذ لكل مقارِنٍ عمودُ ``إسهام قيمة" إلى جانب عمودَي ``المقياس" و``التعديل"، وللعقار موضوع التقييم عمودٌ كذلك --- وهي أعمدةٌ يفتقر إليها نموذج Fannie Mae. وثمة صيغةٌ أبسط أيضًا هي Table 1.

3. وشبكة مبيعات الرفع إلى المؤسسات المدعومة حكوميًا، المستعملة لرفع شبكة المبيعات إلى برمجياتٍ كـAlamode. ولاحظ مع ذلك أن حزم برمجيات نماذج التقييم لا توفّر كلها إمكان رفع بيانات شبكة المبيعات من جدول. وهذه الشبكات لا يمكن أن تتضمّن بالضرورة عمودًا منفصلًا لإسهامات القيمة، وهي أمرٌ لا تدركه المؤسسات المدعومة حكوميًا كـFannie Mae. والاستراتيجية أن تعطيهم النموذج الذي يطلبونه، لكن تسنده بشبكة مبيعات RCA وبوثائقَ مُسنِدة أخرى كتفاصيل أي تجميعاتٍ للمتغيرات.

وشبكاتُ معالجة RCA لا تشبه شبكات مبيعات Fannie Mae، بل هي تقريبًا منقولُها المبدَّل، بتبديل الصفوف والأعمدة: فكل صفٍّ يحمل بيانات عقارٍ ما، وكل عمودٍ يحمل بيانات متغيرٍ عقاري ما. ويمكن بسهولة أن تكون فيها مئاتُ أو آلافُ صفوف العقارات ومئتا عمودٍ أو أكثر. والصفُّ الأول محفوظٌ لأسماء المتغيرات، والثاني لعقارٍ موضوع تقييم، حتى لو كنا نجري تحليل سوقٍ فحسب. وحين تُقرأ الورقةُ في إطار بيانات، يصير الصفُّ الأول من الورقة سمةَ الأسماء، ويصير الصفُّ الثاني الخاص بالعقار موضوع التقييم الصفَّ الأول من إطار البيانات.

وتشمل الأعمدة في شبكة مبيعات RCA أعمدةَ التعريف، ثم المتغيرات الأولية والخارجية والتركيبية مجتمعةً ومُغذّاةً متغيراتٍ مستقلة إلى MARS. وتُخرج MARS من هذه المتغيرات ما ترى أن له أثرًا ذا دلالة في سعر البيع، المعروف كذلك بالمتغير التابع أو الهدف. وفي انحدار الدرجة الثانية قد نحصل على أزواجٍ من هذه المتغيرات تعمل متغيراتٍ جديدة. وفي انحدار الدرجة الثالثة قد نحصل كذلك على ثلاثياتٍ من المتغيرات تعمل متغيراتٍ مستقلّة على ما يُسمّى، وإن كانت بالطبع شديدة الارتباط بالمتغيرات الأساسية.

جدول 1: جدول RCA نموذجي: التخطيط الرأسي

موضوع التقييم			المقارِن 1			المقارِن 2		
	المقياس	إسهام القيمة	المقياس	إسهام القيمة	التعديل	المقياس	إسهام القيمة	التعديل
سعر البيع			$1,150,000			$1,500,000		
القيمة الأساس		$500,000		$500,000	$0.00		$500,000	$0
الخصائص المقيسة			الخصائص المقيسة			الخصائص المقيسة		
مساحة المعيشة	1,530	$463,500	1,350	$382,500	$81,000	1,700	$540,000	$76,500-
مساحة الأرض	6,000	$200,000	6,500	$220,000	$20,000-	7,000	$240,000	$40,000-
العمر	53	$63,600	57	$68,400	$4,800-	51	$61,200	$2,400
الحمّامات	2	$15,000	3	$30,000	$15,000-	3	$30,000	$15,000-
غرف النوم	3	$6,000	4	$9,000	$3,000-	4	$9,000	$3,000-
إجمالي المقيس		00.$1,248,100		00.$1,209,900	$38,200		00.$1,380,200	$132,100-
الخصائص الباقية			الخصائص الباقية			الخصائص الباقية		
الباقي	8.5 CQA	$30,000	5.2 CQA	$59,900-	$89,900	2.8 CQA	$119,800	$89,800-
تفكيك الباقي			تفكيك الباقي			تفكيك الباقي		
التصميم		7,000		$15,000-	$22,000		$35,000	$28,000-
الحالة		5,000		$8,000-	$13,000		$20,000	$15,000-
الجودة		8,000		$10,000-	$18,000		$30,000	$22,000-
المنفعة الوظيفية		5,000		$12,000-	$17,000		$15,000	$10,000-
المرافق		5,000		$14,900-	$19,900		$19,800	$14,800-
المجموع الفرعي		30,000		59,900-	$89,900		119,800	$89,800-
الإجمالي			الإجمالي			الإجمالي		
إجمالي إسهام القيمة		00.$1,278,100		00.$1,150,000			00.$1,500,000	
سعر البيع المعدّل					00.$1,278,100			00.$1,278,100

جدول 2: نسخة من شبكة مبيعات RCA فعلية لتقييم بتاريخ الوفاة (أُزيلت معلومات تعريف العقار)

Sales Comparable Grid: Comps 1-3																				
Feature	**Subject**			**Comparable 1**				**Comparable 2**				**Comparable 3**								
Street, City, State Zip	<subject address>, Pacifica,CA 94044			<comp 1 address>, Pacifica,CA 94044				<comp 2 address>, Pacifica,CA 94044				<comp 3 address>, Pacifica,CA 94044								
APN | MLS# | Subj.Proximity	N/A		0 miles	009-xxx-xxx	MLxxxxxxx	0.37 miles		009-xxx-xxx	MLxxxxxxx	0.43 miles		009-xxx-xxx	CCxxxxxxx	0.11 miles						
Sales Price|Concess.|Net SP	009-xxx-xxx		0 miles	$1,250,000		0	$1,250,000	$1,200,000		0	$1,200,000	$1,458,000		2000	$1,456,000					
Regression Features	**Factual Value**		**Value Contrib.**	**Factual Value**		**Value Contrib.**	**Adjustment**	**Factual Value**		**Value Contrib.**	**Adjustment**	**Factual Value**		**Value Contrib.**	**Adjustment**					
BASE VALUE			$1,361,209			$1,361,209	$0			$1,361,209	$0			$1,361,209	$0					
Sale Date | Close Date | Off Mkt	11/30/22	11/30/22 0	-$351,389	08/24/22	09/23/22 98	-$260,288	-$91,101	05/26/22	06/27/22 188	-$176,624	-$174,765	05/18/22	06/07/22 196	-$169,187	-$182,202					
Location: Longitude | Latitude	-122.483	37.658	-$66,040	-122.48	37.663	-$76,256	$10,216	-122.477	37.654	-$88,170	$22,130	-122.483	37.657	$0	-$66,040					
Site Size | Dimensions	4312 sf	N/A	0	4000 sf	N/A	0	$0	4700 sf	N/A	$0	$0	4510 sf	N/A	$0	$0					
Actual Age | Effective Age	58	N/A	$1,880	59	N/A	($14,556)	$16,436	58	N/A	$1,880	$0	56	N/A	$34,750	-$32,870					
Beds | Baths	3	1	-$118,379	4	2	-$39,460	-$78,919	3	2	-$78,919	-$39,460	4	3	$0	-$118,379					
Legal Living Area Above Gnd	1050 sf		$182,452	1270 sf		$220,680	-$38,228	1240 sf		$215,467	-$33,015	1210 sf		$210,254	-$27,802					
Legal Living Area Below Gnd	0 sf		$0	0 sf		0	$0	0 sf		$0	$0	0 sf		$0	$0					
Non-legal Living Area	0 sf		-$46,406	670 sf		0	-$46,406	920 sf		$0	-$46,406	729 sf		$0	-$46,406					
Secondary/ADU	sf		0	0 sf		0	$0	0 sf		$0	$0	0 sf		$0	$0					
Garage SF	800 sf		$74,406	600 sf		$46,328	$28,078	250 sf		$0	$74,406	351 sf		$11,371	$63,035					
Fireplaces	1		0	0		$0	$0	1		$0	$0	1		$0	$0					
Stories			0	2		$0	$0	2		$0	$0	2		$0	$0					
			$0			$0	$0			$0	$0			$0	$0					
			$0			$0	$0			$0	$0			$0	$0					
			$0			$0	$0			$0	$0			$0	$0					
			$0			$0	$0			$0	$0			$0	$0					
Residual Features	**CQA/Description**		**Value Contrib.**																	
CQA | Residual | Remaining	3.5	-24,150	$0	5.79	12,343	$0	$0	3.05	-34,842	$0	$0	5.6	7,603	$0	$0					
View	Average		$0	Average		$0	$0	Average		$0	$0	Average		$0	$0					
Design	Average		$0	Average		$0	$0	Average		$0	$0	Average		$0	$0					
Quality of Construction	Average		$0	Upgrades		$4,000	-$4,000	Average		$0	$0	Upgrades		$4,000	-$4,000					
Condition	Needs Updating		-$14,150	Weill maintained		$7,000	-$21,150	Average		$0	-$14,150	Condition		$3,000	-$17,150					
Functional Utility	Small Bathroom		-$5,000	Average		$0	-$5,000	Small 1 car garage		-$34,842	$29,842	Average		$0	-$5,000					
Heating & A/c	Average		$0	Average		$0	$0	Average		$0	$0	Average		$0	$0					
Porch/Patio	Needs improvement		-$5,000	Nice yard		$1,343	-$6,343	Average		$0	-$5,000	Average		$0	-$5,000					
Other			$0			$0	$0			$0	$0	Nice Shed		$603	-$603					
			$0			$0	$0			$0	$0			$0	$0					
			$0			$0	$0			$0	$0			$0	$0					
			$0			$0	$0			$0	$0			$0	$0					
			$0			$0	$0			$0	$0			$0	$0					
			$0			$0	$0			$0				$0						
Total VC / Net Adjustment			$1,013,583			$1,250,000	-$236,417			$1,200,001	-$186,418			$1,456,000	-$442,417					
Adjusted Sale Price						**Net Adj: -18.9%**				**Net Adj: -15.5%**				**Net Adj: -30.4%**						
of Comparables						**Grs Adj: 24.8%**	$1,013,583			**Grs Adj: 32.5%**	$1,013,582			**Grs Adj: 36.9%**	$1,013,583					
Copyright 2022-3, Pacific Vista Net ©																				

8 المتغيرات

في جانب الإدخال إلى MARS، لا يكون لدينا إلا متغيراتٌ بسيطة، وهي:

1. خصائصُ العقار المحمَّلة من جدول MLS.
2. ومتغيراتٌ مشتقّة ينشئها مهندس التقييم لصقل متغيرات MLS أو لإضافة تحويلاتٍ للمتغيرات القائمة. فقد يفضّل مثلًا تحويلَ تاريخ البيع إلى "DaysOffMarket" المساوي للتاريخ الفعّال للتقييم ناقصًا تاريخَ البيع.
3. وقد يستورد مهندس التقييم بياناتٍ من مصادر طرفٍ ثالث، كأسعار الفائدة على الرهون. أو، إن غابت بياناتُ خط العرض أو الطول أو الارتفاع من بيانات MLS، أمكنه استيرادُها من مصادر أخرى. وهذه المتغيرات يمكن تسميتها ``المتغيرات الخارجية".

وفي جانب الإخراج من MARS، نعمل على نموذج سعرٍ هو تركيبةٌ من حدودٍ إما:

1. تحتوي على متغيرٍ واحد من متغيرات الإدخال وتقدّم معادلة إسهام قيمة ذلك المتغير. وتُسمّى حدود (أو متغيرات) الدرجة الأولى. ويُعامَل الحدُّ نفسه قيمةَ إسهام قيمةٍ ويُعطى اسمًا.
2. أو تحتوي على متغيرين من متغيرات الإدخال وتكون معادلة إسهام قيمة تفاعل المتغيرين المعطاين. وقد تُسمّى هذه حدود (أو متغيرات) الدرجة الثانية.
3. أو تحتوي على ثلاثة من متغيرات الإدخال وتكون معادلة إسهام قيمة التفاعل بين المتغيرات الثلاثة. وقد تُسمّى هذه في هذا البحث حدود (أو متغيرات) الدرجة الثالثة.

ومتغيراتُ الإخراج في MARS هي إذًا إسهاماتُ قيمة، بما فيها إسهام قيمة الباقي. وهي تُعامَل بدورها متغيراتٍ في حسابات شبكة المبيعات، كحساب التعديلات أو إنشاء الرسوم.

ويمكن أن تكون لدينا أنواعٌ مختلفة من المتغيرات تندرج في تصنيفين أساسيين: (1) أصل المتغير، و(2) تطبيق المتغير، أي غير الباقي في مقابل الباقي.

1.8 تصنيف أصل المتغير

1. متغيرات الدرجة الأولى
   - 1.1 متغيرات الانحدار من MLS
   - 2.1 متغيرات الانحدار الخارجية
   - 3.1 متغيرات الانحدار المشتقّة
2. متغيرات العوامل:

لمعالجة متغيرات العوامل، يلزم دالةٌ تستطيع تعرّفها. ولمّا كانت محدَّدةً في مصنَّف ضبط المشروع في Excel، تُنشأ دالةٌ تُرجِع صوابًا إن كان المتغير المُمرَّر إليها مصنَّفًا نوعَ عامل.

3. متغيرات التفاعل: تنشئها MARS في توليد النموذج، إن ضُبطت الدرجة على 2 فأعلى. غير أن ثلاثة متغيراتٍ متفاعلة أقصى ما يمكن التوصية به، بسبب صعوبة التفسير، واحتمال فرط الملاءمة، والأثر في درجات الحرية وما يترتّب عليه من زيادةٍ في سجلات العقارات اللازمة لضمان نموذجٍ متين.
   - 1.3 متغيرات الدرجة الثانية: وهي شائعة، ومن أمثلتها الجيدة GLA:BathRms وGLA:LotSize وDateOfSale:BathRms وLatitude_Longitude.
   - 2.3 متغيرات الدرجة الثالثة: تفاعلاتٌ أقلّ شيوعًا توحي بالحذر وباحتمال فرط الملاءمة.
4. متغيرات تفكيك الباقي

2.8 تصنيف تطبيق المتغير

1. إسهامات القيمة المولَّدة بـMARS

   1.1 متغيرات الدرجة الأولى

      1.1.1. متغيرات الانحدار من MLS
      2.1.1. متغيرات الانحدار الخارجية
      3.1.1. متغيرات الانحدار المشتقّة

   2.1 متغيرات التفاعل

      1.2.1. متغيرات الدرجة الثانية
      2.2.1. متغيرات الدرجة الثالثة

   3.1 متغيرات تفكيك الباقي

   4.1 متغيرات التجميع

2. المتغيرات والقيم المولَّدة من المهندس

   1.2 متغيرات تفكيك الباقي

      1.1.2. التصميم/الجماليات
      2.1.2. تنسيق الموقع
      3.1.2. المنفعة الوظيفية
      4.1.2. الإطلالة
      5.1.2. الحالة
      6.1.2. الجودة
      7.1.2. …

وستُعطى مجموعاتُ المتغيرات هذه ترميزها وتُوصف بتفصيلٍ أوفى في القسم التالي.

بروتوكول 1.3: متغيرات العوامل

يمكن أن ترد متغيراتُ العوامل، أو العوامل اختصارًا، في كل الحدود بما فيها التفاعلات. وهي مهمّةٌ لأنها يجب أن تُعالَج معالجةً خاصة في انحدار MARS وفي الرسم.

فمع أن المتغيرات ذات القيم المحرفية عواملُ بالضرورة، فإن المتغيرات العددية يجب أن تُعلَّم متغيراتِ عوامل كي تتعرّفها MARS كذلك. فمناطق MLS مثلًا كثيرًا ما تُعرَّف برقم. وعلى وجه الخصوص، كثيرًا ما تُعرَّف مناطقُ الأحياء في منطقة خليج سان فرانسيسكو بأعدادٍ صحيحة فريدة. فإن مُرّرت هذه القيم إلى MARS عواملَ، حاولت MARS اكتشافَ ما إذا كان لمناطقَ بعينها قيمةٌ إسهامية متوسطة في مبيعات العقارات داخل حدودها من غير اعتبارٍ لأي علاقةٍ بمناطقَ أخرى. وفي المقابل، ستفترض في المتغيرات العادية نوعًا من الاتصال في إسهامات القيمة مع تغيّر قيمة المتغير. وهذا تمييزٌ مهم. وفضلًا عن ذلك، يمكن أن تظهر متغيراتُ العوامل هذه في حدود النموذج مع متغيراتٍ غير عاملية، وهو ما يصعّب الرسم. وعلى وجه التحديد، حين نرسم حدودًا أحادية المتغير فيها عوامل، نجمع كل تلك العوامل معًا ونرسم ببساطة رسمًا شريطيًا يبيّن إسهاماتها، موجبةً كانت أو سالبة.

وإن ظهرت العواملُ مع متغيراتٍ أخرى في الحدود، ظهرت دائمًا بقيمةٍ واحدة ممكنة، لأن متغيرات العوامل لا يمكن أن تكون لها إلا قيمةٌ واحدة لعقارٍ بعينه: فإن كانت لمنطقةٍ القيمةُ 662، فلا يمكن بحكم التعريف أن تكون لها أي قيمةٍ أخرى لتلك المنطقة. وإن وجدتَ هذا مُربكًا، فإليك ما يزيد الطين بلّة: في النموذج المولَّد بـMARS ليس ثمة اسمُ متغيرٍ واحد للعامل؛ بل تأخذ MARS الاسمَ الجذري لمتغير العامل الذي أُعطي لها مُدخَلًا، ثم تنشئ أعمدةً جديدة بأسماء متغيراتٍ مكوَّنة بإلحاق القيم الممكنة. فعمودٌ واحد في جدول Excel، كـMlsArea، ستُنشأ له أعمدةُ إطار بياناتٍ متعددة لكل قيمةٍ ممكنة، مثل MlsArea660 و MlsArea661 وهكذا. ومتغيرٌ كـMlsArea661 ستكون له القيمة 1 للعقارات في المنطقة 661، وإلا كانت 0. ثم تُجري MARS انحدارها على تلك الأعمدة كأنها تمثّل متغيراتٍ منطقية. وستُستعمل هذه الأسماء المعدَّلة في النموذج الذي تقدّمه MARS.

والأرجح أنك سترغب في إعادة تحويل أسماء النموذج تلك إلى اسمها الأصلي لجعل الرسوم أيسرَ فهمًا للعملاء الذين يحبّونها بسيطةً واضحة (أو أبسطَ ما يمكن على الأقل). فبدل رؤية MlsArea661=1، سنرى MlsArea=661. وعندئذٍ يمكننا رسمُ الحدود بأن نذكر في ترويسة الرسم شيئًا مثل ``لمنطقة MLS = 662". وهكذا تُرسم حدودُ الدرجة N ذاتُ M من متغيرات العوامل بوصفها حدودَ الدرجة (N-M)، ويتلاشى بُعدُ العامل في العنوان.

ولاحظ أنه قد يوجد عاملان أو أكثر في حدٍّ واحد، فقد تحتاج على الأرجح إلى رسمٍ لكل زوج قيمٍ ممكن. فإن ظهر متغيرٌ x بثلاث قيمٍ متمايزة ومتغيرٌ y بقيمتين متمايزتين في الحدّ نفسه مع متغيرٍ غير عاملي z، احتجتَ إلى $2 \cdot 3 = 6$ رسوم. ومثالُ ذلك "MlsArea" مع "Architectural Style"؛ فالمنازل الفكتورية في سان فرانسيسكو مثلًا قد تساوي أكثر أو أقلّ بحسب منطقة المدينة التي تقع فيها. ولحسن الحظ، لا يوجد عادةً في معظم المناطق إلا طرازٌ إلى ثلاثة طرزٍ معمارية مهمّة بما يكفي لتكون مُسهِمةً في القيمة فتُستعمل في النموذج (وإن كان قد يوجد ستةُ طرزٍ معمارية مختلفة أو أكثر).

3.8 حدود الدرجتين الثانية والثالثة

مع انحدار الدرجة الثانية أو الثالثة، قد تتضمّن بعضُ الحدود في نموذج الإخراج متغيرين أو ثلاثة متغيراتٍ على الترتيب. مثال:

$$-52 * max(0, 1200 - GLA) * max(0, BathRms - 1) = \text{BathRms__GLA}$$

ولاحظ أننا نسمّي هذه بفرز أسماء المتغيرات أبجديًا ووصلِها، ربما بشرطةٍ سفلية. ونفعل الشيء نفسه بحدود الدرجة الثالثة على ثلاثيات أسماء المتغيرات المُنتَجة في النموذج. مثال: "BathRms__GLA__LotSz".

وتُضاف هذه المتغيرات إلى متغيرات الإدخال الأولية في الطور 3، حين يحسب برنامج RCA إسهاماتِ كل المتغيرات لكل عقار، بما فيها متغيرات التفاعل.

1.3.8 متغيرات التعديل

وسيحسب برنامج RCA كذلك التعديلاتِ لكل المتغيرات والعقارات في الطور 3، بعد حساب إسهامات القيمة، بطرح إسهام قيمة العقار المقارِن المقابل لخاصيةٍ ما من إسهام العقار موضوع التقييم لتلك الخاصية.

2.3.8 متغيرات التجميع

تُعرَّف متغيراتُ التجميع لتحلّ محلّ مجموعاتٍ فرعية من المتغيرات، فتجمع كل إسهامات قيمتها وتعديلاتها في متغيرٍ مشترك يُستعمل في التقرير. فقد نكون مثلًا قد قسّمنا مساحةَ المعيشة المكتملة وغير المكتملة إلى متغيراتٍ أدقّ تفصيلًا:

1. مساحة مكتملة قانونية فوق مستوى الأرض
2. مساحة مكتملة قانونية تحت مستوى الأرض
3. مساحة مكتملة غير قانونية فوق مستوى الأرض
4. مساحة مكتملة غير قانونية تحت مستوى الأرض
5. مساحة غير مكتملة فوق مستوى الأرض
6. مساحة غير مكتملة تحت مستوى الأرض

نعم، ثمة مناطقُ يكون فيها هذا معقولًا.

وسيُجري انحدار MARS انحدارَه على كل المتغيرات ويولّد نموذجًا يقدّم إسهاماتٍ وتعديلاتٍ لها. لكن لتقريرٍ على نموذجٍ رسمي، سيتعيّن على الأرجح دمجُ هذه الإسهامات المختلفة أو تجميعُها في متغيراتٍ أقل. وينبغي تقديمُ تفاصيل التجميع في ملحق. ومن الأمثلة الأشيع تجميعُ تعديلات التفاعل في أحد تعديلات المتغيرات الأولية. فقد نجمّع مثلًا تعديل GLA_Lotsize إلى GLA أو إلى LotSize، أو حتى نقسّمه بينهما مناصفةً، على نحو ما تحدّده ورقة التجميعات.

3.3.8 المتغيرات الخاصة والترميز

π_i	صافي سعر البيع الفعلي للعقار $i = 1, 2, \ldots, n_p$؛ وفي العقار موضوع التقييم يدلّ π_0 على نتيجة القيمة (انظر البرهان I)
α_i	صافي سعر البيع المعدَّل للعقار $i = 1, 2 \ldots, n_p$
ρ_i	صافي سعر البيع المقدَّر بـMARS للعقار $i = 0, 1 \ldots, n_p$
β	القيمة الأساس للنموذج
$\varphi_{i,j}$	إسهام قيمة متغير الانحدار $j = 1, 2, \ldots, n_r$ للعقار $i = 0, 1, \ldots, n_p$
$\delta_{i,j}$	تعديل متغير الانحدار $j = 1, 2 \ldots, n_r$ للعقار $i = 1, 2 \ldots, n_p$
ϵ_i	الباقي الإجمالي للعقار $i = 0, 1 \ldots, n_p$
$\epsilon_{i,c}$	إسهام قيمة مكوّن الباقي c، $c = 1, 2, \ldots, n_c$ للعقار $i = 0, 1, \ldots, n_p$
$\xi_{i,c}$	تعديل مكوّن الباقي c، $c = 1, 2, \ldots, n_c$ للعقار $i = 0, 1, \ldots, n_p$

حيث

$$n_p = \text{عدد العقارات المقارِنة}$$
$$n_r = \text{عدد متغيرات الانحدار}$$
$$n_c = \text{عدد متغيرات تفكيك الباقي}$$

4.3.8 تفكيك البواقي

بمجرد أن ينشئ انحدارُ MARS نموذجًا، يولّد أسعارَ البيع المقدَّرة من متغيرات الإدخال التي انتقتها MARS. ثم يطرح تلك القيمة من صافي سعر البيع المقابل ليحصل على قيمة باقٍ لكل عقار. وينصّ بروتوكول RCA الآن على أنه بمجرد أن يبتّ مهندسُ التقييم في المقارنات العقارية النهائية، وهي عادةً ستةٌ إلى اثني عشر إدراجًا، يتعيّن عليه أن يمرّ على كل إدراج ويفكّك الباقيَ المحسوب إلى أرجح الخصائص (المتغيرات الكامنة) التي يرى أنها تؤثّر في القيمة، متجاهلًا احتمالَ أخطاء البيانات العشوائية. فقد تكون لديه مثلًا متغيراتُ التفكيك الآتية لعقارٍ ما:

1. التصميم
2. المنفعة الوظيفية
3. البيع فوق/دون السوق
4. الحالة
5. الجودة

ويُرجَّح أن تكون للعقارات المختلفة بعضُ متغيرات تفكيك باقٍ مختلفة، ويلزم جمعُها في مجموعةٍ مرتَّبة واحدة.

تقدير إسهامات الخصائص النادرة. بعضُ الخصائص الحاملة للقيمة أندرُ من أن تحتملها قناةُ الانحدار: فورشةٌ موجودة في ثلاثٍ من سبعمئة وثمانين بيعة لا تستطيع كسبَ معاملٍ قابل للدفاع، وسيتجاوز المرورُ الأمامي مثلَ هذا المتغير كليًا في الغالب. وهذه خصائصُ باقية، ويمكن تقديرُ إسهاماتها **في فضاء الباقي**: بأن يُلائَم النموذجُ من دون الخاصية، ثم يُجرى انحدارُ بواقي النموذج على العمود أو الأعمدة المستبعَدة بطريقة المربعات الصغرى الاعتيادية. ففي العَلَم الثنائي يكون المعاملُ إسهامًا إجماليًا (أي على نحوٍ مكافئ متوسطَ إزاحة الباقي للمبيعات المعلَّمة)؛ وفي العمود العددي يكون إسهامًا لكل وحدة. وحين تُقدَّر عدةُ مرافقَ مرتبطة **مجتمعةً** (كمساحة الملحق بالأقدام المربعة مع عَلَم الورشة)، يقسّم الانحدارُ الفضل بينها بدل حساب الدولارات نفسها مرتين في صفَّي تفكيك. والتقديراتُ المُسنَدة بأقل من نحو عشر مشاهدات دلاليةٌ فحسب، وينبغي تعضيدُها بالتكلفة المُهلَكة أو بعيّنةٍ أوسع (كأعلامٍ مستردّة من الملاحظات العامة)؛ وقيدُ الباقي نفسه يضع سقفًا لأي قيمةٍ تُسنَد في النهاية. وينفّذ earthUI (الإصدار 0.11 فما فوق) هذا المنهجَ مباشرةً في لسان **إسهام الباقي**، بما فيه التقديرُ المشترك، وبيّنةُ الباقي لكل بيعة، وملاحظةُ توثيقٍ لملف العمل.

الترميز: نستعمل الترميز في الجدول أعلاه للوصول إلى:

$$\epsilon_i = \epsilon_{i,1} + \epsilon_{i,2} + \ldots + \quad \epsilon_{i,n_c} \tag{11}$$

حيث n_c عددُ مكوّنات تفكيك الباقي.

ويجب على مهندس التقييم أن يستعمل حكمَه في تفكيك الباقي إلى المكوّنات المعطاة. وقد يُظنّ أن هذا يتيح دخول التحيّز في نتيجة القيمة النهائية. غير أن الأمر ليس كذلك، لأن لدينا برهانًا رياضيًا على أن التعديلات إن كان مجموعُها مساويًا للباقي فلن تؤثّر في نتيجة القيمة. فالغرضُ من التفكيك ليس إرساءَ القيمة، بل شرحَ سببِ كون الباقي على ما هو عليه مقارنةً ببواقي مبيعات العقارات الأخرى. والموضعُ الوحيد الذي يمكن أن يؤثّر فيه تحيّزُ المهندس في نتيجة القيمة النهائية هو تقديرُ الباقي للعقار موضوع التقييم، إذ لا يوجد بالطبع سعرُ بيعٍ فعلي له يلزم لحساب باقٍ له.

ولكل عقارٍ مجموعتُه من إسهامات قيمة الباقي، لكن يلزم دمجُها في مجموعةٍ واحدة C عبر كل العقارات:

$$\text{ليكن: } A_i = \{\{\epsilon_{i,c}\}_{c=1}^{n_c}\}$$
$$\mathrm{C} = \{x \mid x \in \bigcup_{i=0}^{n_p} A_i\}$$

حيث $[\epsilon_{i,c}]$ اسمُ المتغير للقيمة $\epsilon_{i,c}$، وA_i مجموعةُ تلك المتغيرات، وn_c عددُ القيم في كل ϵ_i.

فمع وجود بيانات العقار موضوع التقييم والعقارات المقارِنة في أعمدةٍ منفصلة، ينبغي أن نرى، تحت كل إسهامات قيمة متغيرات نموذج الانحدار لكل عقار، المجموعةَ C المؤلَّفة من n_c من إسهامات قيمة الباقي المقابلة.

9 براهين RCA الجوهرية

ليكن:

$$\begin{aligned} n_p &= \text{عدد العقارات} \\ n_r &= \text{عدد متغيرات الانحدار} \\ n_c &= \text{عدد متغيرات مكوّنات الباقي} \end{aligned}$$

البرهان I: كلُّ سعر بيعٍ معدَّل لمقارِنٍ يساوي سعرَ بيع العقار موضوع التقييم المقدَّر.

لأي مقارِنٍ i، يكون سعرُ البيع المعدَّل α_i هو مجموعَ صافي سعر البيع π_i مضافًا إليه التعديلات: أي الفروقَ بين إسهامات قيمة العقار موضوع التقييم وإسهامات قيمة المقارِن للقيمة الأساس، ولمتغيرات الانحدار $j = 1, 2, \ldots, n_r$، وللباقي. وفي العقار موضوع التقييم، الذي لا بيعَ فعلي له، يُعرَّف صافي سعر البيع π_0 بأنه نتيجةُ القيمة $\beta + \varphi_{0,1} + \varphi_{0,2} + \ldots + \varphi_{0,n_r} + \epsilon_0$. ومن ثَمّ:

$$\begin{aligned} \alpha_i &= \pi_i + (\beta - \beta) + (\varphi_{0,1} - \varphi_{i,1}) \\ &\quad + (\varphi_{0,2} - \varphi_{i,2}) + \ldots + \\ &(\varphi_{0,n_r} - \varphi_{i,n_r}) \\ &\quad + (\epsilon_0 - \epsilon_i) \\ &= \pi_i + (\beta + \varphi_{0,1} + \varphi_{0,2} + \ldots \\ &+ \varphi_{0,n_r} + \epsilon_0) \\ &\quad - (\beta + \varphi_{i,1} + \varphi_{i,2} + \ldots + \\ &\varphi_{i,n_r} + \epsilon_i) \\ &= \pi_i + \pi_0 - \pi_i \\ &= \pi_0 \end{aligned} \tag{12}$$

البرهان II: تغييرُ تفكيك الباقي، تحت قيد أن يكون مجموعُ كل إسهامات قيمة مكوّنات الباقي مساويًا لباقي المقارِن، لا أثر له في نتيجة القيمة النهائية لبروتوكول RCA.

وهذا شبه بديهي. ومع ذلك يسهل إغفالُه من غير تفكيرٍ في الرياضيات، لأن المُقيّمين التقليديين يتركّزون على التعديلات لا على إسهامات القيمة. وإسهاماتُ القيمة هي التي تتلاشى هنا --- وهو إغفالٌ دام عقودًا. فلمقارِنٍ ما k، $k > 0$، يكون تعديلُ الباقي الإجمالي مساويًا لمجموع مكوّنات تفكيك الباقي n_c، الذي يساوي بدوره مجموعَ فروق إسهامات القيمة، الذي يساوي باقيَ العقار موضوع التقييم الإجمالي ناقصًا باقيَ المقارِن الإجمالي. وهذا مستقلٌّ عن عدد مكوّنات الباقي المُنشأة أو عمّا تمثّله. وما دامت قيمةُ مكوّنات الباقي مساويةً للباقي الإجمالي لكلٍّ من العقار موضوع التقييم والمقارِن المختار، فلن تتغيّر ξ_k.

$$\begin{aligned} \xi_k &= \xi_{k,1} + \xi_{k,2} + \ldots + \xi_{k,n_c} \\ &= (\epsilon_{0,1} - \epsilon_{k,1}) + (\epsilon_{0,2} - \epsilon_{k,2}) + \ldots + \\ &\quad (\epsilon_{0,n_c} - \epsilon_{k,n_c}) \\ &= (\epsilon_{0,1} + \epsilon_{0,2} + \ldots + \epsilon_{0,n_c}) - \\ &\quad (\epsilon_{k,1} + \epsilon_{k,2} + \ldots + \epsilon_{k,n_c}) \\ &= \epsilon_0 - \epsilon_k \end{aligned} \tag{13}$$

10 نموذج MARS

1.10 دوال g لمتغيرات النموذج وتفاعلاته

من المبادئ الجوهرية لمنهج RCA أن ``الاستدلال التفسيري" في غاية الأهمية. ولسوء الحظ، قد يكون تقديمُ رسومٍ ذات معنى لمختلف معادلات إسهام القيمة، ولا سيما عند استعمال التفاعلات ومتغيرات العوامل، أمرًا عسيرًا. ولذلك يُعدّ لزامًا وضعُ بروتوكولٍ واضح وصارم لإنشاء هذه الرسوم. وهو ما يُفعل هنا، لكن افهم أن البروتوكول موجَّهٌ إلى المطوّر الذي يكتب شفرة R أو Python لتوليد الرسوم، وقد لا يهمّ من ليسوا معنيّين بالبرمجة إلا اهتمامًا سطحيًا.

ونموذجُ السعر المولَّد بـMARS مجموعُ ثابتٍ أساس مضافًا إليه حدودٌ إضافية، ينطوي كلٌّ منها على متغيرٍ إلى ثلاثة متغيرات. ولتحليله، نقسّم النموذج أولًا إلى حدودٍ مفردة. ثم تُدمج الحدودُ المتعددة المتشاركة في مجموعة المتغيرات نفسها، والممثّلة لتفاعلٍ واحد، في عباراتِ تفاعلٍ مفردة. ولنفترض أن أقصى درجة انحدار هي 3. فانظر في نموذج انحدارٍ من الدرجة الثالثة مؤلَّف من ثابتٍ أساس، وn_1 من عبارات الدرجة الأولى، وn_2 من عبارات تفاعل الدرجة الثانية، وn_3 من عبارات تفاعل الدرجة الثالثة. وهذا يعطينا أربع مجموعاتٍ متمايزة من العبارات، وهي إما أحادية المتغير أو تفاعلاتٌ متعددة المتغيرات، تُرسم كلٌّ منها على نحوٍ مختلف بناءً على عاملين: (1) ما إذا كانت تتضمّن متغير عامل (أي متغيرًا فئويًا)، و (2) عدد المتغيرات المتمايزة التي تحتويها. وعلى وجه التحديد:

- عبارات الدرجة الأولى (متغيرٌ واحد) تُرسم ثنائيةَ الأبعاد.
- وعبارات الدرجة الثانية (متغيران) تُرسم ثلاثيةَ الأبعاد.
- وعبارات الدرجة الثالثة (ثلاثة متغيرات) تُرسم **مجموعةً** من الرسوم الثلاثية الأبعاد.
- وإن احتوت العبارةُ على متغير عامل، خفّض كلُّ عاملٍ متمايز بُعديّةَ الرسم بواحد (فالرسم الثلاثي الأبعاد يصير ثنائيًا مثلًا إن كان أحد المتغيرات عاملًا).

وتوفّر فهرسةُ كل دالة g المعلوماتِ اللازمة لتحديد كيفية رسمها، بما يعكس عددَ المتغيرات المتمايزة ووجودَ متغيرات العوامل.

2.10 فهرسة دوال g

تُفهرَس كلُّ دالة g على الصورة $f_{j,k}\, g_k^j$، حيث:

- $f_{j,k}$ هو الفهرس الأول (دليلٌ علوي قبل g):
  - j يتراوح من 0 إلى 3 ويعرّف المجموعة:
    - $j = 0$: الثابت الأساس (وهو استثناءٌ من الفهرسة المعتادة).
    - $j = 1$: عبارات الدرجة الأولى.
    - $j = 2$: عبارات الدرجة الثانية.
    - $j = 3$: عبارات الدرجة الثالثة.
  - k فهرسُ دالةٍ بعينها داخل مجموعتها (فـ$k = 1$ مثلًا للدالة الأولى في المجموعة j).
  - وقيمةُ $f_{j,k}$ تدلّ على عدد متغيرات العوامل المتمايزة في الدالة:
    - $f_{j,k} = 0$: بلا متغيرات عوامل.
    - $f_{j,k} > 0$: عددُ متغيرات العوامل (1 أو 2 أو 3 مثلًا).
- الفهارس اللاحقة على g:
  - الدليل العلوي j بعد g (مثل g^j) يكرّر رقم المجموعة توضيحًا.
  - والدليل السفلي k بعد g (مثل g_k) يطابق k في $f_{j,k}$، فيعرّف الدالة داخل مجموعتها.

ومع أن فهارس f وg متوافقةٌ عدديًا، فأدوارها تختلف: إذ يعدّ $f_{j,k}$ متغيراتِ العوامل، وهو حاسمٌ لقرارات الرسم، في حين يحدّد j وk على g مجموعتَها وموضعَها.

3.10 أبعاد الرسم

يُحسب بُعدُ d للرسم الخاص بالدالة $f_{j,k} g_k^j$ هكذا:

$$d = j - f_{j,k} \tag{14}$$

حيث:

- j عددُ المتغيرات المتمايزة (أو رقم المجموعة، بتجاهل حالة الثابت).
- $f_{j,k}$ عددُ متغيرات العوامل.
- d عددُ المتغيرات المتصلة (غير العاملية) المراد رسمها، بحدٍّ أقصى 3 (إذ أقصى درجةٍ هي 3). والدالةُ ذات d من المتغيرات المتصلة تُرسم في $d+1$ بُعدًا: فـ$d = 1$ يعطي رسمًا ثنائي الأبعاد، و$d = 2$ رسمًا ثلاثي الأبعاد (أو خريطةً حرارية ثنائية الأبعاد)، و$d = 3$ **مجموعةً** من الرسوم الثلاثية الأبعاد.

مثال:

- إن كان $j = 3$ (ثلاثة متغيرات) و$f_{j,k} = 0$ (بلا متغيرات عوامل)، فإن $d = 3 - 0 = 3$، بما يقتضي مجموعةً من الرسوم الثلاثية الأبعاد، يثبّت كلٌّ منها أحد المتغيرات.
- وإن كان $j = 3$ و$f_{j,k} = 1$ (متغير عاملٍ واحد)، فإن $d = 3 - 1 = 2$، بما يقتضي رسمًا ثلاثي الأبعاد (أو خريطةً حرارية ثنائية الأبعاد) لكل قيمةٍ لمتغير العامل تظهر في النموذج.
- وإن كان $j = 0$ (الثابت)، فلا حاجة إلى الرسم عادةً، إذ هو قيمةٌ واحدة.

وحين يكون $d = 3$ (كعبارةٍ من الدرجة الثالثة بلا متغيرات عوامل)، قد يقتضي تصويرُ الدالة كاملةً رسومًا ثلاثيةَ الأبعاد متعددة، يثبّت كلٌّ منها متغيرًا عند قيمٍ مختلفة لإظهار مجموعةٍ فرعية من سلوك الدالة.

4.10 معادلة النموذج النهائية

يُقسَّم نموذج MARS إلى أربع مجموعاتٍ من العبارات (الثابت، والدرجة الأولى، والثانية، والثالثة). وتخبرنا الفهرسةُ $f_{j,k} g_k^j$ بـ:

- j: المجموعة وعدد المتغيرات.
- $f_{j,k}$: عدد متغيرات العوامل.
- $d = j - f_{j,k}$: بُعد الرسم.

وهذه البنية توجّه كيفيةَ تصوير كل دالة g، بما يضمن مطابقة منهج الرسم لتعقيد العبارة ولأنواع متغيراتها.

ويمكن التعبير عن تقدير سعر البيع $\hat{P}$ الذي يقدّمه نموذج MARS هكذا:

$$\begin{aligned} \hat{P} = {} & f_{0,1} g_1^0 + \sum_{q=1}^{n_1} f_{1,q} g_q^1(x_*) \\ & + \sum_{r=1}^{n_2} f_{2,r} g_r^2(x_*, y_*) \\ & + \sum_{s=1}^{n_3} f_{3,s} g_s^3(x_*, y_*, z_*) \end{aligned} \tag{15}$$

$n_1 =$ عدد حدود الدرجة الأولى
$n_2 =$ عدد حدود الدرجة الثانية
$n_3 =$ عدد حدود الدرجة الثالثة

5.10 عدد الرسوم اللازمة لرسم نموذج

كم رسمًا يلزم لتصوير كل الدوال في نموذج؟ يتوقّف الجواب على المتغيرات وتفاعلاتها، وعلى ما إذا كانت عاملية أو غير عاملية.

ويستطيع مهندس التقييم تحديدَ المتغيرات والتفاعلات في ملف الضبط بـExcel الخاص بـR/earth، فيؤثّر في التفاعلات المسموح بها. والمقاربةُ العملية أن تدع R/earth يقوّم كل التفاعلات الممكنة وينتقي ذواتِ الإسهامات ذات الدلالة في تقدير سعر البيع، مع فحص مسائلَ كفرط الملاءمة أو الخطية المشتركة. وقد تُمنع بعضُ التفاعلات، فيؤثّر ذلك في التفاعلات الأعلى درجةً (فإن استُبعد زوجٌ في تفاعلٍ من الدرجة الثالثة، استُبعدت التركيبةُ كلها).

وفي متغيرات العوامل (كمنطقة MLS بـ12 قيمة تتفاعل مع مساحة المعيشة)، يصير الرسمُ أعقد. فقد يقتضي ذلك اثني عشر رسمًا --- واحدًا لكل منطقة. وإن تفاعل عاملٌ آخر كالطراز المعماري (بستّ قيم) مع منطقة MLS ومساحة المعيشة، لزم ما يصل إلى $12 \cdot 6 = 60$ رسمًا. غير أن R/earth نادرًا ما يجد كل التركيبات ذات دلالة؛ فعادةً لا يستحقّ الرسمَ إلا بضعةُ تفاعلاتٍ رئيسة (كمناطقَ وطرزٍ بعينها)، على نحو ما يحدّده النموذج.

وإليك دليلًا مبسَّطًا لعدد الرسوم اللازمة:

1. **الدوال أحادية المتغير (غير العاملية):** رسمٌ واحد.
2. **الدوال أحادية المتغير (العاملية):** رسمٌ شريطي واحد يجمع كل قيم العامل.
3. **الدالة الأساس:** لا حاجة إلى رسم.
4. **تفاعلات الدرجة الثانية (بلا عوامل):** رسمٌ واحد (كخريطةٍ حرارية ثنائية الأبعاد بألوانٍ لسعر البيع).
5. **تفاعلات الدرجة الثانية (بعاملٍ واحد):** رسمٌ واحد لكل قيمة عاملٍ في النموذج (فقيمتان تعنيان رسمين).
6. **تفاعلات الدرجة الثانية (بعاملين):** رسمٌ واحد بمصفوفةٍ من تركيبات العوامل (فثلاث مناطق $\times$ طرازان = ست خلايا).
7. **تفاعلات الدرجة الثالثة (بلا عوامل):** رسومٌ متعددة (كأربعة رسومٍ لعدد الحمّامات $1, 2, 3, 4 =$).
8. **تفاعلات الدرجة الثالثة (بعاملٍ واحد):** رسمٌ واحد لكل قيمة عاملٍ في النموذج.
9. **تفاعلات الدرجة الثالثة (بعاملين):** رسمٌ واحد لكل تركيبة قيم عوامل في النموذج.
10. **تفاعلات الدرجة الثالثة (بثلاثة عوامل):** رسمٌ واحد لكل قيمة للعامل الأقلّ عددًا في قيمه المتمايزة، مع مصفوفة ألوانٍ للعاملين الآخرين.

وقد تقتضي السيناريوهاتُ الأعقد تقنياتِ رسمٍ متقدمة.

وثمة إمكاناتٌ أخرى برسومٍ أرجحُ أنها أكثر تطوّرًا.

ومثالٌ على نموذجٍ كامل مولَّد بـMARS في Figure 1.

11 خصائص البيانات

يناقش القسم الآتي MARS. وMARS تعتمد اعتمادًا تامًّا على البيانات التي تتلقّاها، ومعظمُ هذه البيانات سيأتي من خدمة إدراجٍ متعدد (MLS) ما أو من مُقيّمي الضرائب. غير أنها قد تُوجَّه عبر مزوّدي بياناتٍ آخرين يتعهّدونها ويحسّنونها ثم يبيعونها بربح. وهي في بعض المناطق موثوقةٌ إلى حدٍّ بعيد، وفي غيرها ليست كذلك. وفي الحالات الحرجة يتعيّن على معاين العقار أن يقوم بملاحظاته وقياساته، وقد تكون دقتُها موضعَ تساؤل.

ويحتاج مهندسُ التقييم إلى فهم ما تمثّله البيانات ومدى جودة تمثيلها لما يُفترض أن تمثّله. وهذا يستدعي قائمةً كاملة من المسائل:

- كيف تصنّف متغيرًا بأنه قياس؟
- وإن لم يكن المتغير قياسًا، فماذا عساه يكون؟

شكل 1: مكوّنات نموذج MARS

$$
\begin{aligned}
\text{Basis} &= {}^{0}g_{1}^{0} = 4957150 \\
\text{Age} &= {}^{0}g_{1}^{1} = -3163.1809255 \cdot \text{Age} \\
\text{AreaNbr} &= {}^{1}g_{2}^{1} = -623197.75104 \cdot I\{\text{AreaNbr} = 471\} \\
\text{Baths} &= {}^{0}g_{3}^{1} = -111023.51496 \cdot \max(0, 2 - \text{Baths}) + 96735.52418 \cdot \max(0, \text{Baths} - 2) \\
\text{Beds} &= {}^{0}g_{4}^{1} = -233489.66415 \cdot \max(0, \text{Beds} - 5) \\
\text{DaysOffMkt} &= {}^{0}g_{5}^{1} = -2577.2188622 \cdot \max(0, 189 - \text{DaysOffMkt}) - 1282.8789534 \cdot \max(0, \text{DaysOffMkt} - 189) \\
\text{GLA} &= {}^{0}g_{6}^{1} = -666.73587914 \cdot \max(0, 4027 - \text{GLA}) + 281.36312913 \cdot \max(0, \text{GLA} - 4027) \\
\text{Latitude} &= {}^{0}g_{7}^{1} = -18141680.417 \cdot \max(0, \text{Latitude} - 37.573) \\
\text{LotSize} &= {}^{0}g_{8}^{1} = -85.005683404 \cdot \max(0, 8000 - \text{LotSize}) - 23.562970183 \cdot \max(0, \text{LotSize} - 8000) \\
\text{Age_Baths} &= {}^{0}g_{1}^{2} = -3916.3594872 \cdot \text{Age} \cdot \max(0, \text{Baths} - 3.5) \\
\text{Age_Garage} &= {}^{0}g_{2}^{2} = -6503.1897339 \cdot \text{Age} \cdot \max(0, \text{Garage} - 2) \\
\text{AreaNbr_LotSize} &= {}^{1}g_{3}^{2} = 78.54207825 \cdot I\{\text{AreaNbr} = 463\} \cdot \max(0, 8000 - \text{LotSize}) \\
&\quad + 87.263298012 \cdot I\{\text{AreaNbr} = 466\} \cdot \max(0, \text{LotSize} - 8000) \\
\text{AreaNbr_Baths} &= {}^{1}g_{4}^{2} = -1070222.5995 \cdot I\{\text{AreaNbr} = 464\} \cdot \max(0, \text{Baths} - 2) \\
\text{AreaNbr_Latitude} &= {}^{1}g_{5}^{2} = 17571072.548 \cdot I\{\text{AreaNbr} = 466\} \cdot \max(0, \text{Latitude} - 37.573) \\
\text{AreaNbr_GLA} &= {}^{1}g_{6}^{2} = -328.79173933 \cdot I\{\text{AreaNbr} = 471\} \cdot \max(0, \text{GLA} - 2550) \\
&\quad + 525.69503229 \cdot I\{\text{AreaNbr} = 471\} \cdot \max(0, 2550 - \text{GLA}) \\
\text{DaysOffMkt_GLA} &= {}^{0}g_{7}^{2} = 0.43839582286 \cdot \max(0, \text{DaysOffMkt} - 661) \cdot \max(0, 4027 - \text{GLA}) \\
\text{FrPlcNbr_LotSize} &= {}^{0}g_{8}^{2} = 22.059059591 \cdot \max(0, 2 - \text{FrPlcNbr}) \cdot \max(0, \text{LotSize} - 8000) \\
&\quad + 39.084508159 \cdot \max(0, \text{FrPlcNbr} - 2) \cdot \max(0, \text{LotSize} - 8000) \\
\text{GLA_LotSize} &= {}^{0}g_{9}^{2} = -0.45274160024 \cdot \max(0, \text{GLA} - 2994) \cdot \max(0, 8000 - \text{LotSize}) \\
\text{ADU_Age_Garage} &= {}^{0}g_{1}^{3} = -5.4578633919 \cdot \max(0, \text{ADU} - 0) \cdot \text{Age} \cdot \max(0, 2 - \text{Garage}) \\
\text{AreaNbr_Baths_LotSize} &= {}^{1}g_{2}^{3} = 60.607126605 \cdot I\{\text{AreaNbr} = 460\} \cdot \max(0, \text{Baths} - 2) \cdot \max(0, \text{LotSize} - 2480) \\
\text{AreaNbr_Baths_FrPlcNbr} &= {}^{1}g_{3}^{3} = 593779.41722 \cdot I\{\text{AreaNbr} = 464\} \cdot \max(0, \text{Baths} - 2) \cdot \max(0, \text{FrPlcNbr} - 0) \\
\text{AreaNbr_GLA_Latitude} &= {}^{1}g_{4}^{3} = 54199.925713 \cdot I\{\text{AreaNbr} = 464\} \cdot \max(0, \text{GLA} - 2670) \cdot \max(0, \text{Latitude} - 37.573) \\
&\quad + 58934.565747 \cdot I\{\text{AreaNbr} = 471\} \cdot \max(0, \text{GLA} - 2550) \cdot \max(0, \text{Latitude} - 37.568) \\
\text{AreaNbr_DaysOffMkt_GLA} &= {}^{1}g_{5}^{3} = 0.37173306643 \cdot I\{\text{AreaNbr} = 470\} \cdot \max(0, 661 - \text{DaysOffMkt}) \cdot \max(0, 4027 - \text{GLA}) \\
\text{Beds_GLA_LotSize} &= {}^{0}g_{6}^{3} = -5.1607264026 \cdot \max(0, 4 - \text{Beds}) \cdot \max(0, \text{GLA} - 2994) \cdot \max(0, 8000 - \text{LotSize}) \\
\text{Age_AreaNbr_Baths} &= {}^{1}g_{7}^{3} = -10759.444688 \cdot \text{Age} \cdot I\{\text{AreaNbr} = 460\} \cdot \max(0, \text{Baths} - 3.5)
\end{aligned}
$$

- وكيف يمكن للانحدار أن يكون مفيدًا إن كانت البيانات التي يتلقّاها غير دقيقة؟

ومعظمُ البيانات التي نحصل عليها من خدمات إدراج MLS ومن بيانات مُقيّمي الضرائب للانحدار بياناتٌ عددية تستلزم قياساتٍ أو أعدادًا. وبعضُها منطقي، صوابٌ أو خطأ.

1.11 الغرض من الباقي

يصلح الباقي مقياسًا غير مباشر للقيمة التي تضيفها المتغيراتُ غير المُدرَجة في نموذج الانحدار. وبلغة الأدبيات الهيدونية، هذه الخصائصُ غير المقيسة **متغيراتٌ كامنة**: متغيراتٌ تؤثّر في سعر البيع لكنها لا تُقاس مباشرةً، وفي معظم الحالات لأنه لا سبيل عملي إلى قياسها موضوعيًا. ويجب استنتاجُ قيمها بدل ذلك، وفي الممارسة كثيرًا ما تُقدَّر قيمةُ المتغير الكامن بحكمٍ ذاتي --- وهو في RCA حكمٌ ترسيه مرساةُ ترتيب البواقي. فبترتيب العقارات بناءً على باقيها أو باقيها للقدم المربعة، نبلغ ترتيبًا موضوعيًا من العقارات الأقلّ جاذبيةً إلى الأكثر. وطريقةُ الترتيب هذه فعّالة، بشرط أن يصوغ نموذجَ MARS محلّلٌ ماهر ذو فهمٍ عميق للسوق المحلية. وإليك بعض المتطلبات الإضافية:

- جودة البيانات والنموذج: نموذجُ انحدارٍ حسن البناء وبياناتٌ عالية الجودة شرطان سابقان لبواقيَ موثوقة. وفي منطقة خليج سان فرانسيسكو، غايتي تطويرُ نموذجٍ بـR2 يقارب 80%–75 وR2 بالتحقق المتقاطع (CV R2) من 55 إلى 70%.
- تجنّب فرط الملاءمة وتحديد R2: ينبغي لمهندس التقييم أن يستهدف R2 أقصى يقارب 80% في معظم الأسواق الناضجة في المناطق الأعلى سعرًا كمنطقة الخليج، لأن كثيرًا من القيمة التنافسية للعقار السكني يكمن في جاذبيته الذاتية غير القابلة للتكميم، ومن ثمّ لا يمكن إدراجُها مباشرةً في نماذج الانحدار. وR2 أعلى بكثير من 80% قد يدلّ على نموذجٍ مفرط الملاءمة، بما يستدعي مزيدًا من التمحيص. ومع ذلك كلمةُ حذر: ثمة مناطقُ سوقٍ بقيم R2 فوق 90% بلا فرط ملاءمة، وثمة مناطقُ يصعب تقييمها لا تبلغ فيها أفضلَ من 60%–50 أو أقل.
- R2 المرتفع في مناطقَ بعينها: غير أن ثمة أقاليمَ، كالتقسيمات أو غيرها من المناطق السكنية المتجانسة، تشيع فيها قيمُ R2 الأعلى شيوعًا مفاجئًا بسبب تجانس العقارات.

2.11 تصنيفات الحالة والجودة بوصفها متغيراتٍ انحدارية تقريبية

يستحقّ مقياسا الحالة والجودة لدى Fannie Mae (C1–C6 وQ1–Q6) تعليقًا خاصًّا. فهذان المقياسان أفجُّ من أن يُعاملا خصائصَ مقيسة حقيقية، ولأن المُقيّم هو الذي يسندهما، فهما في الممارسة تصنيفان ذاتيان --- أي متغيران كامنان في ذاتهما. ومن المفيد التمييز بين مستويين صراحةً: تصنيفُ المُقيّم الفجّ المستعمل متغيرًا انحداريًا، أي **الحالة خشنة التفصيل** (الحالة-1) و**الجودة خشنة التفصيل** (الجودة-1)، في مقابل المتغيرين الكامنين الدقيقي التفصيل المستردَّين من الباقي، أي **الحالة دقيقة التفصيل** (الحالة-2) و**الجودة دقيقة التفصيل** (الجودة-2). ويجوز لمهندس التقييم قبولُ تصنيفات المُقيّم الخشنة تقريباتٍ وإجراءُ الانحدار عليها، فيحصل على إسهامات قيمةٍ تقريبية مفيدةٍ إسناداتٍ أوّلية للقيمة للمتغيرين الكامنين الدقيقين. وحيث يُفعل ذلك، يكون البروتوكول طرحَ إسهامات القيمة المقدَّرة بالانحدار لهذين المتغيرين الخشنين من تقدير النموذج --- بإخراجهما من السمات المقيسة تحت قسم الانحدار من شبكة المبيعات --- وإضافتَها إلى الباقي. ومن هناك تُزال لاحقًا من الباقي وتُسنَد إلى المتغيرين الكامنين الدقيقين المقابلين، `res_condition1` و `res_quality1`. ثم تُستعمل معلوماتٌ إضافية مستخرَجة من الملاحظات العامة في MLS (`public_remarks`) وما يتصل بها من قوائم نصّية لإجراء تنقيحاتٍ دقيقة على قيم هذين المتغيرين الكامنين. والنتيجةُ النهائية أن تحلّ إسهاماتُ القيمة الدقيقة محلّ الخشنة: فالتصنيفاتُ الفجّة ليست إلا سقالةً للنموذج التقريبي، والقيمُ المُبلَّغة في النهاية للحالة والجودة هي الدقيقةُ المستمدّة من الباقي.

3.11 أخطاء البيانات

استنادًا إلى تعليقات وسائل التواصل الاجتماعي، تكون بيانات خدمة الإدراج المتعدد في كاليفورنيا أعلى جودةً عمومًا من كثيرٍ من أقاليم الولايات المتحدة الأخرى. وينبغي عادةً توقّع جودةٍ جيدة لبيانات MLS في معظم المناطق الحضرية الناضجة، وجودةٍ أدنى في المناطق الريفية.

ومع أن ثمة أخطاءً عارضة في البيانات لأسبابٍ شتى، فينبغي عمومًا أن يلغي بعضُها بعضًا وأن يكون أثرُها ضئيلًا في المتوسطات المستعملة في نماذج الأسعار متى وُجدت بياناتٌ كافية.

غير أن التحيّزات المنهجية قد تقع في مناطقَ بعينها. فانظر مثلًا في حيٍّ بُني كثيرٌ من منازله ابتداءً بطوابقَ ثانية كاملة، لكن أُتيح لبعض المشترين خيارُ إزالة غرفٍ من الطابق الثاني لإنشاء أسقفٍ مقبّبة في غرفةٍ أو أكثر من الطابق الأول، بما يقلّل مساحة المعيشة الإجمالية

تقليلًا كبيرًا. ولم تُحدَّث التغييرات لاحقًا في سجلات مُقيّم الضرائب لسببٍ أو لآخر. وبناءً عليه قد تُظهر MLS 2,400 قدم مربعة بينما القيمةُ المقيسة 2,000 فقط. وفي مثل هذه السيناريوهات ينبغي تصحيحُ بيانات MLS قبل إجراء انحدار MARS. ومن المهم ملاحظةُ أن الحصول على هذه المعلومات للمقارنات قد يقتضي جهدًا تحرّيًا. وينبغي تدوينُ التباينات للرجوع إليها مستقبلًا.

وبناءً على ما سبق، من المعقول افتراضُ أن الأخطاء التي تتسرّب إلى الباقي في مناطق MLS عالية الجودة ضئيلةٌ مقارنةً بأثر الخصائص الذاتية وغير المقيسة كالتصميم والحالة والجودة. وهذا اعتبارٌ مهم عند تقدير دقة منهج RCA. فإن كانت قيمة R^2 لمنطقة سوقٍ ما 80% مثلًا، نُسب نحو 20% من السعر إلى باقي CQA. وخطأٌ قدره $\pm 10\%$ في وضع العقار موضوع التقييم داخل ترتيب البواقي ينتشر من ثمّ إلى خطأٍ قدره $\pm 10\% \cdot 20\% = \pm 2\%$ في نتيجة القيمة النهائية. وهكذا تحسّن الدقة! وفي كثيرٍ من الحالات، تكون التقديراتُ الدقيقة للقيمة دون $\pm\ 1\%$ بكثير ممكنة.

ومن ثمّ يكون معاملةُ البواقي مؤشّراتٍ غير مباشرة على القيمة الجماعية للمتغيرات غير المنمذجة في انحدار MARS أمرًا معقولًا، بشرط أن تكون لمهندس التقييم خبرةٌ كافية بالسوق المحلية ليعرّف أين توجد تحيّزاتُ القياس النُظُمية ولماذا. وهذه المقاربة تضمن أن يعكس التحليلُ قيمَ العقارات الفعلية بدقة، مع الإقرار بحدود بيانات العقارات ودقائقها.

مثالٌ تطبيقي: قياس المحرّكات غير المقيسة في Sea Ranch

حين يكون R^2 القابل للبلوغ في منطقة سوقٍ أدنى ممّا يقود إليه تجانسُها الظاهر، تكون استجابةُ الإطار تعرّفَ المتغير الغائب وقياسَه لا قبولَ الحدّ. ويوضّح مجتمع Sea Ranch في مقاطعة Sonoma ذلك مباشرةً.

وهذه حالةٌ ملموسة على استجابة ``قِس ولا تقبل". فمجتمع Sea Ranch في مقاطعة Sonoma تطويرٌ ساحلي تكون فيه المسافةُ إلى المحيط محرّكًا رئيسًا للقيمة: فمنزلٌ على بُعد بضع مئات من الأقدام من الجرف يبلغ سعرًا مختلفًا اختلافًا كبيرًا عن منزلٍ على بُعد ربع ميلٍ في الداخل، مع تثبيت سائر الخصائص. وبيانات MLS للمجتمع لا تسجّل المسافة إلى المحيط متغيرًا. وقد أنتج نموذجُ MARS الأوّلي المُلائَم على متغيرات MLS المتاحة قدرةً تفسيرية أدنى ممّا كان ينبغي أن يسنده تجانسُ السوق الظاهر، ببنية باقٍ لم ترتّب العقارات ترتيبًا كافيًا بأي خاصيةٍ مرئية في البيانات --- وهي إشارةٌ إلى أن محرّكًا مهمًّا غائبٌ عن النموذج لا إلى أن السوق مشوَّشة حقًا.

وكان العلاجُ القياسَ المباشر. فحصل المؤلّف على خريطةٍ للمجتمع تبيّن تخطيط العقارات نسبةً إلى الساحل، وقاس المسافة إلى المحيط لعدة مئاتٍ من المنازل. وأُضيفت المسافاتُ المقيسة متغيرًا إلى مجموعة بيانات MLS وأُعيد تشغيل انحدار MARS. فانتقى النموذج المتغير الجديد بوصفه ذا دلالة، وزادت القدرةُ التفسيرية زيادةً كبيرة، ورتّب ترتيبُ البواقي بعد ذلك العقاراتِ بأنماطٍ متّسقة مع الخصائص الذاتية المتبقّية --- الإطلالة والحالة والجودة --- لا بإشارة المسافة إلى المحيط الكامنة التي كانت قد لوّثته من قبل. وقد عولج الارتفاعُ معالجةً مماثلة في أحياء التلال حيث يكون متغير MLS غائبًا أو غير موثوق.

والمبدأ المنهجي عامّ. فحين يهبط R^2 القابل للبلوغ دون ما ينبغي أن يسنده تجانسُ السوق الظاهر، تكون الفرضيةُ الأولى أن متغيرًا مهمًّا غائبٌ عن النموذج، وتكون الاستجابةُ الملائمة تعرّفَ ما هو وجمعَ القياسات مباشرةً. ومن المصادر خرائطُ المجتمعات، وبياناتُ نُظُم المعلومات الجغرافية، وسجلاتُ مُقيّم الضرائب، وسجلاتُ دوائر البناء، وصورُ الأقمار الصناعية، والمعاينةُ الميدانية. وكلفةُ هذا العمل القياسي حقيقيةٌ لكنها محدودة؛ فبمجرد جمع المتغير لمنطقة سوقٍ ما، يمكن حملُه إلى مهامَّ مستقبلية في تلك المنطقة. ويستوعب RCA المتغيراتِ الجديدة استيعابًا نظيفًا لأن الإطار لا يبالي بأي المتغيرات يدخل انحدار MARS --- فبنيةُ الباقي تخبر مهندسَ التقييم بما إذا كان المتغير الجديد يلتقط إشارةً حقيقية، وتتعدّل إسهاماتُ القيمة تبعًا لذلك.

أما الاستجابة البديلة --- قبولُ R^2 منخفض والإبلاغُ عن نطاقات خطأٍ أوسع --- فقابلةٌ للدفاع حين تكون المحرّكاتُ الغائبة غير قابلة للقياس حقًا (كتفضيلات المشترين الخاصة، وانطباع السوق العابر، وظروف المعاملات الفريدة)، لا حين تكون مجرّد غير مجموعة. وأولُ ما ينبغي لمهندس التقييم فعلُه إزاء نموذجٍ ضعيف هو أن يسأل هل الإشارةُ الغائبة من النوع الثاني.

4.11 ما الدقة؟

الدقة التامة في التقييم تقتضي:

1. المطابقة للقيمة السوقية: أن تلتزم معاملةُ البيع الفرضية للعقار موضوع التقييم بنسبة 100% بالتعريف المعطى للقيمة السوقية.
2. تطوير نموذجٍ دقيق ومتين: أن يُطوَّر نموذج MARS عالي الجودة بـR2 يقارب 80%–75 وCVR2 يقارب 70%–55 بحسب الموقع.
3. تحليلٌ جيد لأخطاء البيانات: أن تُفهم كل أخطاء البيانات المحتملة للمتغيرات المقيسة وتُحتوى، بأقلّ تسرّبٍ إلى البواقي.
4. مراعاة التحيّز النُظُمي: أن يُراعى أي تحيّزٍ نُظُمي في البيانات ويُعدَّل لأجله.

5. تحليل ترتيب البواقي: أن يُتأكّد من أن عقارات ترتيب البواقي تتبع نمطًا معقولًا من الخصائص من أدنى رتبةٍ إلى أعلاها. وينبغي تحرّي الشذوذات كمبيعات التركات والبيع بأقلّ من الدين ومبيعات المزادات وشرحُها وربما إزالتُها.

6. وضع العقار موضوع التقييم: أن يُوضع العقار موضوع التقييم وضعًا دقيقًا بفهمٍ تامّ لترتيب البواقي. فينبغي تعرّفُ عقارٍ أعلى جاذبيةً بوضوح وآخرَ أدنى جاذبيةً بوضوح، ووضعُ العقار موضوع التقييم بينهما وتسجيلُ درجته. ثم محاولةُ تضييق الترتيب بين العقارين الأعلى والأدنى قدر المستطاع.

7. الاستدلال التفسيري: ألّا يُضحّى بالاستدلال التفسيري في سبيل الدقة أبدًا. فيجب أن يستطيع المُقيّم شرحَ فروق القيمة بين العقار موضوع التقييم والعقارات المقارِنة، ولو لشخصٍ ذي ذكاءٍ معقول. فنموذج MARS الجيد بـR2 وCVR2 أمثلين يمكن استعمالُه لشرح إسهامات القيمة للخصائص المقيسة، في حين يمكن استعمالُ تفكيك الباقي من مهندس التقييم لشرح إسهامات قيمة الخصائص الأخرى.

8. فرط الملاءمة: أن يُتجنَّب فرطُ ملاءمة النماذج، بعدم استعمال خصائص عقارية تستطيع، منفردةً أو مجتمعة، تعيينَ عقارٍ واحد أو عدة عقارات. وتجنَّبْ خصوصًا استعمالَ متغيرات العوامل التي تستطيع قيمُها تحديد عددٍ صغير من العقارات. فمتغيرُ عاملٍ يعرّف الأحياء في مجموعات بياناتٍ كبيرة ملائم، أما ما يعرّف العقارات ذوات المسابح في منطقةٍ تندر فيها المسابح فيجب استعمالُه بحذر. وأما الخاصيةُ التي تعرّف عقاراتٍ فريدة كإحداثيات نُظُم المعلومات الجغرافية بالضبط أو أرقام القطع أو العناوين، فغير مسموحٍ بها البتة.

فإن كان R2 للانحدار 80%، توقّعنا أن نحو 20% من قيمة العقار موضوع التقييم يعود إلى الباقي. وهذا تقريبيٌّ فحسب. فنحن نعلم من منحنى CQA--الباقي أن معظم توزيع البواقي عند طرفَي CQA الأدنى والأعلى. وبناءً على ذلك المنحنى وعلى شدّة ميله عند قيم CQA الدنيا والعليا، قد نتوقّع تقديرًا أقلَّ دقةً للباقي في هذين المجالين. غير أن ذلك تعادله ندرةُ العقارات نسبيًا فيهما والفرقُ الأكبر في الجاذبية الذي نراه بين العقارات المتجاورة. فمع أننا قد نتكلّم على أثر نطاقٍ قدره $\pm 5\%$ في المدى الأوسط، فإننا في الطرفين سنُعنى بنطاقٍ أضيق قليلًا قدره $\pm 3\% - \pm 2$.

وحسابُ دقة RCA عسيرٌ بعض الشيء عمومًا بسبب لاخطية منحنى CQA--الباقي. لكنه ممكنٌ حالةً بحالة، متى كان لديك ترتيبُ بواقٍ معقول. ومدى درجات CQA من 0.0 إلى 10.0. ومع نموذج MARS جيد، ينبغي أن يُظهر ترتيبُ بواقيك نمطًا واضحًا من الأقلّ جاذبيةً إلى الأعلى، وألّا تجد صعوبةً في التقدير في حدود $\pm 5\%$ من المدى الكلي أو ± 0.5 لدرجة CQA. فإن كان لديك مئةُ عقارٍ في الانحدار، كان ذلك ترتيبًا للعقار موضوع التقييم بدقةٍ ضمن مجموعةٍ من عشرة عقارات. فبالرجوع إلى بيانات مبيعات Burlingame في الجدول 3، فلنحسب الدقة (أو الخطأ) التقريبية لـCQA يقدّرها مهندسُ التقييم بـ 7.5 و5.1 و1.9، حيث تكون نتيجةُ قيمته للعقار موضوع التقييم 3,000,000$. ولاحظ أنه لمّا كان الجدول 3 لا يحوي إلا عيّنةً من عدة مئاتٍ من العقارات المستعملة، فستحتاج إلى استكمال الباقي عند الاقتضاء (بافتراض الخطية). وللوضوح، نفترض أن مهندس التقييم واثقٌ جدًا في كل حالة من أن ترتيبه للعقار موضوع التقييم في حدود نطاقٍ قدره ± 5 عقاراتٍ في ترتيب بواقٍ من مئة عقارٍ فقط.

					± 0.5 CQA= 7.5
نسبة الخطأ	سعر البيع الفرضي	الخطأ المتوقَّع	الفرق المطلق	الباقي	CQA
				$257,112	00.8
			$59,999	$197,113	50.7
$\pm 1.71\%$	$3,000,000	$\pm \$51,249$	$42,498	$154,615	00.7

					± 0.5 CQA=5.1
نسبة الخطأ	سعر البيع الفرضي	الخطأ المتوقَّع	الفرق المطلق	الباقي	CQA
				$50,911	60.5
			$31,352	$19,559	10.5
$\pm 1.32\%$	$3,000,000	$\pm \$39,559$	$47,766	$28,207-	60.4

					± 0.5 CQA= 1.9
نسبة الخطأ	سعر البيع الفرضي	الخطأ المتوقَّع	الفرق المطلق	الباقي	CQA
				$228,411-	40.2
			$47,970	$276,381-	90.1
$\pm 1.64\%$	$3,000,000	$\pm \$49,264$	$50,557	$326,938-	40.1

وأخيرًا، السبيلُ الموضوعي الوحيد إلى التحقق من الدقة هو إرساءُ بروتوكولٍ صارم (لا يلمّح إليه هذا البحث إلا جزئيًا وبخطوطٍ عريضة) والتحققُ من الالتزام به. وهذا ضروري لأن أسعار البيع الفعلية قد تنحرف عن القيمة السوقية بسبب نقائص السوق. ومقارنةُ التقييمات بالمبيعات اللاحقة قد تعطي دلالةً ما على الدقة. غير أن تعقيدات سوق العقارات وعدم استقرارها تستلزم خبرةَ مُقيّمين أو مهندسي تقييمٍ عالي التأهيل لتقديم تقديرات قيمةٍ قائمة على معايير وبروتوكولاتٍ مستقرة. وينبغي أن تكون هذه صارمةً بما يكفي لضمان أن يبلغ مهندسو التقييم الأكفاء نتيجةَ قيمةٍ متقاربة جدًا على نحوٍ مستقل. وينبغي أن تكون هذه غايةً قابلة للبلوغ في معظم الحالات التي تتوفّر فيها بياناتٌ جيدة.

5.11 العقار موضوع التقييم بوصفه شذوذًا

لمّا كان تقديرُ القيمة السوقية لعقارٍ يقتضي تحليلَ معاملات البيع الحديثة، فمن العدل السؤال عمّا إذا كانت معاملات البيع الحديثة تمثّل تمثيلًا جيدًا مختلفَ خصائص عقارٍ أقدم موضوع تقييمٍ يفتقر إلى التحديث والإصلاحات. وهذا صحيحٌ خصوصًا في منطقة خليج سان فرانسيسكو، حيث تكون معاملات البيع الحديثة عادةً لمنازل مرّت بتحديثاتٍ لتحسين سعرها للبيع. فمتوسّطُ جودة المبيعات المقارِنة وحالتها أعلى عمومًا من المنازل الأقدم التي لم تُعرض في السوق منذ زمن. وينبغي أن يلتقط هذا الفرقَ في القيمة تقديرُ الباقي للعقار موضوع التقييم، أي بعبارةٍ أخرى درجةُ CQA الخاصة به. وهذا اعتبارٌ مهم فيما يتصل بجودة البيانات والدقة في تقييم العقار موضوع التقييم.

6.11 أهمية CVR2 في التعامل مع البيانات غير المتوقَّعة

يقوم انحدار MARS على تكراراتٍ متعددة لـR/earth مطبَّقةٍ على مجموعةٍ فرعية منتقاة عشوائيًا من العقارات، تشكّل عادةً من 80% إلى 90% من مجموعة بيانات MLS، وتُسمّى مجموعة التدريب. أما العقارات المتبقّية، وهي من 10% إلى 20%، فتصلح مجموعة اختبار. وفي هذا الطور يُنشأ نموذج MARS من مجموعة بيانات التدريب ثم يُستعمل للتنبؤ بأسعار بيع العقارات في مجموعة الاختبار، فتُقارن بأسعار البيع الفعلية. وقد اعترف المنقّبون في البيانات بأن هذه المنهجية أنجعُ استراتيجية لتطوير نموذجٍ متين قادرٍ على التنبؤ بأسعار بيع عقاراتٍ لم تُرصد بعد.

غير أن الفائدة الرئيسة لمقياس CVR2 لا تكمن في عكسه للدقة الواقعية لنموذج الانحدار إزاء مبيعات منطقة السوق الفعلية، بل في تحسينه لقدرات النموذج التنبؤية إزاء مبيعات عقاراتٍ فرضية في تاريخٍ فعّال محدَّد. وهذه العقارات غير مُدرَجة في مجموعة بيانات التدريب وقد تُظهر تركيباتٍ جديدة أو غير متوقَّعة من الخصائص غائبةً عن بيانات مجموعتَي التدريب والاختبار معًا.

وفي هذا السياق، كيف نقدّر سعر بيع عقارٍ لم يُحدَّث في الخمس عشرة سنة الماضية، بافتراض أنه أُدرج قبل شهرٍ مثلًا من التاريخ الفعّال للتقييم؟ النموذجُ الذي يُظهر CVR2 قويًا أرجحُ أن يقدّم أدقّ تقدير، مقارنةً بنموذجٍ لم يمرّ بهذا التحقق المتقاطع المتكرّر. ومن الحيوي كذلك أن تتضمّن مجموعةُ البيانات عددًا كافيًا من العقارات المقارِنة بدرجاتٍ متفاوتة من التحديث والإصلاح والتجديد.

وفي النهاية، إن امتلكنا نموذجًا متينًا يتنبّأ بدقةٍ بإسهامات قيمة مختلف خصائص العقارات في مجموعة بيانات عقاراتنا المقارِنة، أمكننا وضعُ العقار الجديد موضوع التقييم وضعًا فعّالًا داخل ترتيب النموذج لتلك العقارات بالباقي. وهذا الوضعُ يتيح لنا إسنادَ درجة CQA وباقٍ ملائمين للعقار.

12 البواقي

كما يدلّ الاسمُ ``منهج قيد البواقي''، فالبواقي مركزيةٌ في هذه المنهجية. والباقي هنا يعني الفرقَ بين صافي سعر بيع العقار وسعرِ البيع الذي يتنبّأ به تحليل الانحدار.

والباقي الموجب يوحي بأن العقار بيع بأكثر من سعره المقدَّر، بناءً على السمات القابلة للقياس المعتادة كمساحة المعيشة الإجمالية ومساحة الأرض، بما يستلزم أنه قد يكون أجذبَ من المتوسط. والباقي السالب يدلّ على أن العقار بيع بأقل، بما قد يوحي بجاذبيةٍ أدنى أو بسماتٍ سلبية أخرى لم تُلتقَط.

ولمّا كان الأرجح أن تكون للمنازل الأكبر بواقٍ أكبر، فقد نستعمل الباقيَ للقدم المربعة بناءً على مساحة المعيشة لمقارنةٍ أكثر تسويةً. ونؤجّل نقاشًا أعمق لهذه المسألة إلى بحثٍ آخر.

1.12 الترتيب والتسجيل

بعد إنشاء نموذج MARS للمتغيرات المقيسة، تُحسب البواقي لكل عقار. وتمثّل هذه البواقي الفرقَ بين صافي أسعار البيع المرصودة وأسعارِ البيع التي يتنبّأ بها النموذج. وينبغي إنشاءُ عمودٍ إضافي للباقي/القدم المربعة، أي الباقي مقسومًا على مساحة معيشة المسكن، مع فهم أن باقي عقاراتٍ بعينها يكون عمومًا أكبر بكِبَر مساحة المعيشة. وقد تعمل إحصاءاتٌ أخرى ممكنة عملًا أفضل في بعض الأحياء، لكنها موضوعٌ لوقتٍ آخر.

افتراض 7: ``الترتيب بالباقي''

في هذا البحث، ينبغي أن تُفهم الإحالاتُ إلى ``الترتيب بالباقي'' على أنها الترتيب بالباقي، أو بالباقي/القدم المربعة، أو بدالةٍ أخرى في البواقي، بحسب ما يراه مهندسُ التقييم أنسبَ لمنطقة السوق. وتشير خبرةُ المؤلّف في منطقة خليج سان فرانسيسكو إلى أن الباقي/القدم المربعة هو الأوثقُ عمومًا، ولا سيما عند التعامل مع عقارٍ موضوع تقييمٍ ذي مساحة معيشةٍ صغيرة أو كبيرة على غير المعتاد.

ثم تُفرز العقارات ببواقيها من الأشدّ سلبيةً إلى الأشدّ إيجابية. وتُولَّد درجةُ الحالة والجودة والجاذبية (CQA) لكل عقار، وتتراوح من 0.0 إلى 10.0. وتُحسب هذه الدرجة كالآتي:

درجةُ CQA تقابل الرتبة المئينية لباقي العقار بين كل العقارات. وعلى وجه التحديد، تُحسب الدرجة بتحديد نسبة العقارات ذات البواقي الأدنى من باقي العقار المعطى وقسمةِ تلك النسبة على عشرة. فإن كان باقي عقارٍ أعلى من بواقي 50% من العقارات مثلًا، كانت درجته 5.0.

وبسبب التقريب، قد يحصل عقارٌ واحد على درجة 10.0، وهو العقار ذو الباقي الأعلى. غير أن درجةً تامة قدرها 10.0 مستحيلةٌ نظريًا، لأنه لا يمكن منطقيًا أن يكون لعقارٍ باقٍ أعلى من بواقي 100% من العقارات بما فيها هو نفسه. وفي المقابل، فالدرجةُ الدنيا الممكنة 0.0 ممكنة، إذ يوجد عقارٌ واحد على الأقل لا عقارات ذات بواقٍ أدنى منه. ولاحظ أن أكثر من عقارٍ قد يحصل على درجة 0.0 بسبب التقريب إن كانت العقارات المقارَنة كثيرة.

ومن ثمّ تقدّم درجةُ CQA مقياسًا بديهيًا لمدى توافق سمات العقار مع توقّعات النموذج، إذ تدلّ الدرجاتُ الأعلى على توافقٍ أفضل مع تنبؤات النموذج.

ومن الجوهري الإقرارُ بأن درجة CQA لا يمكن عدّها مؤشّرًا غير مباشر على جاذبية عقارٍ مقارِن إلا حين تكون ظروفُ البيع متناسبةً مع قيمته السوقية. ومهندسُ التقييم مسؤولٌ عن التأكّد ممّا إذا كانت قيمةُ الباقي تتضمّن عناصرَ فوق السوق أو دونها، بتقديم شرحٍ شامل وتحرٍّ دقيق لمعاملة البيع. ومع أن المبيعات الكبيرة فوق السوق أو دونها ليست متكرّرة، فقد تقع في ظروفٍ كالبيع الجبري، والتركات، وعدم الأهلية، والتواطؤ، وغيرها.

ويعرض الجدول 3 مستخرَجًا شبهَ واقعي من بيانات MLS، مع البواقي ودرجات CQA، إجمالًا وللقدم المربعة. وكان إجمالي العقارات المحلَّلة في هذه الدراسة نحو ستمئة عقار. وجديرٌ بالملاحظة أن عدة متغيراتٍ خضعت للانحدار غير معروضة. أي إن البواقي المعروضة هي بعد أن راعى انحدارُ MARS أثرَ متغيراتٍ أخرى كتاريخ البيع.

جدول 3: المبيعات المقارِنة مرتَّبةً بالباقي

سعر البيع	السعر المقدَّر	الباقي	CQA	الباقي/قدم	CQA للقدم	GLA	تاريخ البيع
$3,450,000	$2,318,865	$1,131,135	10	50.$420	98.9	2,690	04-2021
$4,360,757	$3,399,922	$960,835	9.9	28.$290	82.9	3,310	09-2021
$4,000,000	$3,134,444	$865,556	8.9	57.$234	60.9	3,690	11-2020
$5,850,000	$5,150,966	$699,034	7.9	91.$109	35.8	6,360	12-2021
$3,600,000	$3,023,366	$576,634	5.9	46.$269	79.9	2,140	06-2022
$4,425,000	$3,987,873	$437,127	2.9	44.$127	68.8	3,430	08-2021
$2,530,000	$2,164,564	$365,436	9.8	02.$180	28.9	2,030	12-2019
$4,250,000	$3,884,719	$365,281	8.8	18.$87	91.7	4,190	08-2021
$3,350,000	$3,034,613	$315,387	5.8	87.$130	75.8	2,410	09-2021
$3,800,000	$3,522,028	$277,972	2.8	43.$77	72.7	3,590	09-2020
$4,200,000	$3,963,748	$236,252	8.7	12.$56	89.6	4,210	01-2021
$2,900,000	$2,702,887	$197,113	5.7	19.$89	92.7	2,210	07-2021
$4,250,000	$4,103,885	$146,115	9.6	38.$39	29.6	3,710	08-2022
$5,000,000	$4,864,958	$135,042	8.6	25.$28	85.5	4,780	07-2021
$4,320,000	$4,199,672	$120,328	5.6	90.$33	04.6	3,550	07-2022
$2,600,000	$2,479,904	$120,096	5.6	96.$60	00.7	1,970	10-2021
$3,400,000	$3,301,146	$98,854	2.6	32.$30	90.5	3,260	06-2021
$2,000,000	$1,901,987	$98,013	2.6	14.$73	54.7	1,340	11-2019
$3,000,000	$2,919,718	$80,282	9.5	50.$26	79.5	3,030	05-2020
$6,750,000	$6,699,089	$50,911	6.5	75.$7	20.5	6,570	08-2020
$5,652,000	$5,601,570	$50,430	5.5	83.$12	37.5	3,930	05-2022
$2,600,000	$2,579,082	$20,918	2.5	51.$10	33.5	1,990	03-2022
$1,925,000	$1,905,441	$19,559	1.5	51.$11	36.5	1,700	01-2021
$3,200,000	$3,209,500	$9,500-	8.4	21.$3-	88.4	2,960	11-2020
$4,150,000	$4,187,560	$37,560-	5.4	49.$10-	68.4	3,580	04-2021
$2,700,000	$2,776,510	$76,510-	9.3	61.$23-	14.4	3,240	07-2021
$3,450,000	$3,567,668	$117,668-	4.3	05.$31-	90.3	3,790	09-2020
$1,975,000	$2,109,255	$134,255-	3.3	48.$55-	24.3	2,420	02-2020
$1,950,000	$2,085,431	$135,431-	2.3	40.$68-	86.2	1,980	02-2021
$3,695,000	$3,859,154	$164,154-	1.3	04.$47-	56.3	3,490	05-2021
$2,288,000	$2,455,747	$167,747-	9.2	86.$56-	19.3	2,950	06-2020
$2,635,000	$2,802,781	$167,781-	9.2	87.$56-	18.3	2,950	09-2020
$2,050,000	$2,217,794	$167,794-	9.2	66.$82-	46.2	2,030	07-2021
$1,550,000	$1,731,804	$181,804-	7.2	79.$130-	32.1	1,390	05-2021
$2,800,000	$3,028,411	$228,411-	4.2	58.$81-	51.2	2,800	02-2021
$3,700,000	$3,976,381	$276,381-	9.1	99.$76-	62.2	3,590	08-2021
$2,517,500	$2,834,974	$317,474-	5.1	71.$120-	48.1	2,630	11-2019
$2,550,000	$2,905,330	$355,330-	1.1	74.$115-	64.1	3,070	12-2019
$1,815,000	$2,263,944	$448,944-	7.0	75.$273-	15.0	1,640	11-2021
$3,711,000	$4,683,454	$972,454-	0	68.$226-	37.0	4,290	12-2021
$2,225,000	$3,332,960	$1,107,960-	0	56.$370-	03.0	2,990	08-2021
$3,550,000	$4,746,489	$1,196,489-	0	42.$274-	14.0	4,360	06-2022

2.12 منحنى CQA--الباقي

رسمُ CQA في مقابل الباقي/القدم المربعة لحيٍّ ما ينتج دائمًا منحنى CQA--الباقي المميِّز المعروض في 2 Figure. ويمثّل هذا الرسمُ بعينه بياناتٍ من Burlingame بكاليفورنيا نحو سنة 2022. وتُرصَد منحنياتٌ مماثلة عمومًا عند رسم درجات CQA في مقابل قيم الباقي؛ غير أني أفضّل استعمال الباقي/القدم المربعة لصلته بوضع CQA في سياق مساحة المعيشة الإجمالية للعقار موضوع التقييم. فبضرب الباقي/القدم المربعة في مساحة المعيشة، يمكن تحويلُ CQA لعقارٍ إلى قيمة باقٍ مقابلة.

ويجب على مهندس التقييم أن يقوّم بعنايةٍ ما إذا كان حجمُ العقار، وتحديدًا مساحةُ المعيشة الإجمالية، يؤثّر تأثيرًا كبيرًا في مقدار البواقي. وهذا التقويم حاسم لأنه قد يحدّد أدقّ طريقةٍ لحساب قيم العقارات. فأجهزةُ المطابخ الفاخرة وتجهيزاتُ الحمّامات الفارهة مثلًا قد ترفع قيمة الباقي للمنزل رفعًا كبيرًا. غير أنه في الأحياء التي تكون فيها مقاسات المطابخ والحمّامات وتخطيطاتها متجانسةً عمومًا، قد لا ترتبط هذه الترقيات ارتباطًا قويًا بمساحة المعيشة. فأثرُها في قيمة الباقي قد يكون متعلّقًا بالجودة التي تمثّلها أكثر منه بالمساحة التي تشغلها.

وفي المقابل، فالخصائصُ والمواد الخارجية الغالية، التي تحسّن جاذبية العقار من الشارع تحسينًا ملحوظًا، قد تكون لها علاقةٌ أوثق بحجم العقار. فالمنازلُ الأكبر تتّسع لواجهاتٍ خارجية أفخم، كتنسيق مواقع واسع، أو موادّ تسقيفٍ متفوّقة، أو أفنيةٍ ممتدّة، وهي تعزّز طبيعيًا جاذبية العقار الإجمالية ومن ثمّ قيمةَ باقيه.

ولذلك يلزم مهندسي التقييم مراعاةُ هذه الديناميات عند تحليل البواقي. فينبغي ألّا يقوّموا القيمةَ الجوهرية التي تضيفها التجهيزات والخصائص عالية الجودة فحسب، بل أن يفهموا كذلك كيف تتفاعل هذه التحسينات مع الأبعاد المادية للعقار. وهذه المقاربة الشاملة تضمن أن تعكس التقييماتُ بدقةٍ سماتِ العقار النوعية والكمّية معًا.

وبناءً عليه، يُوصى برسم منحنيَي CQA--الباقي و CQA--الباقي/القدم المربعة معًا ودراسةِ الفروق، التي قد تدلّ على أنماطٍ في منطقة السوق. ويمكن لمهندس التقييم أن يجعل برنامجه يحسب البواقي بالطريقتين ويأخذ متوسطًا مرجَّحًا ما لحساب الباقي المُسنَد إلى العقار موضوع التقييم. وقد يُحدث ذلك فرقًا كبيرًا وقد لا يُحدث.

3.12 خصائص منحنى CQA

يقدّم منحنى الحالة والجودة والجاذبية (CQA) نموذجًا متطوّرًا لفهم كيفية تقلّب قيم العقارات بناءً على الجاذبية والحالة وديناميات السوق في منطقةٍ ما. ويلتقط هذا النموذج تفاعلَ العوامل الاقتصادية والمادية المؤثّرة في سوق العقارات، فيعكس حقائقَ دقيقة في تقييم العقارات عبر قطاعات السوق المختلفة.

1.3.12 تحليل مكوّنات منحنى CQA

1. الاضمحلال الأسّي في الجانب الأيسر من المنحنى:

مع انخفاض درجة CQA من نحو 2 إلى 0، تُظهر العقارات خصائصَ تدهورٍ سريع. ويُمثَّل هذا الجزء من المنحنى تمثيلًا جيدًا بدالة اضمحلالٍ أسّي، بما يبرز سرعةَ فقدان العقار جاذبيتَه وقيمتَه من دون صيانةٍ وتحديثٍ مناسبين. ويسرّع التدهورُ المادي كتعفّن الخشب وبهتان الألوان وصدأ المعادن هذا الانحدارَ، ولا سيما في المنازل غير المصانة بانتظام.

2. الزيادة الخطية في المدى الأوسط:

يقع معظم السوق عادةً في هذه الفئة، حيث تزداد الجاذبية زيادةً شبه خطية من درجاتٍ نحو 2 إلى 8. ويعكس هذا القسم عقاراتٍ مصانةً عمومًا وفق المعيار لكنها لا تتميّز بالضرورة بخصائصَ أو مواقعَ استثنائية. وهو يمثّل الطبقةَ الوسطى العريضة من الإسكان، ويشمل غالبية سوق المساكن حيث تُسعَّر المنازل تسعيرًا تنافسيًا بناءً على خصائصها المعيارية وحالتها الإجمالية.

3. النمو الأسّي في الجانب الأيمن من المنحنى:

وهنا يرتفع المنحنى ارتفاعًا أسّيًا من الدرجة 8 إلى 10، بما يعكس الطرف الأعلى جاذبيةً من السوق. والعقاراتُ في هذا القطاع تخصّ في الغالب أفرادًا أثرى لا يستثمرون في صيانةٍ متفوّقة فحسب، بل في تحسيناتٍ ترفع جاذبية العقار وقيمته رفعًا كبيرًا. ويعكس النموُّ الأسّي ندرةَ هذه العقارات عالية الجودة وشدّةَ الطلب عليها بين المشترين الموسرين. وافهم أن منزلًا أدنى سعرًا قد يُقيَّم تقييمًا عاليًا جدًا من حيث الجاذبية، في حين قد يُقيَّم منزلٌ كبير وغالٍ تقييمًا منخفضًا. وهذه الديناميات يكشفها الاستعمالُ الخبير لـMARS وتمرّ عادةً من غير أن يلحظها معظم المُقيّمين.

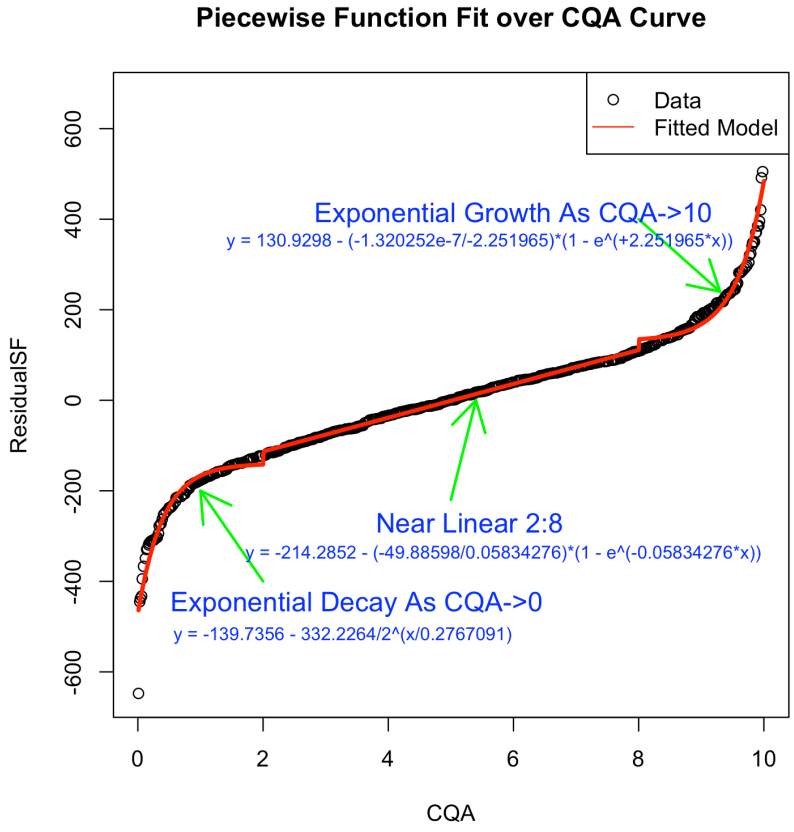
2.3.12 ديناميات السوق والتبعات الاجتماعية

يروي منحنى CQA ضمنًا قصةَ الثروة النسبية والتفاوت الاقتصادي داخل أقاليمَ مختلفة. ففي أماكنَ كمقاطعة San Mateo، يوضّح التباينُ في قيم العقارات بين مناطقَ كـBurlingame وأحياءٍ أثرى كـHillsborough أو Woodside أو Atherton انقساماتٍ اجتماعية اقتصادية ذات شأن. ويؤثّر هذا التفاوت في كل شيء من صيانة العقارات إلى تقييمات السوق، ويؤثّر في النهاية في تركيبة المشترين واتجاهات سوق العقارات.

وفضلًا عن ذلك، فالحكايةُ عن فردٍ ثريّ نسبيًا يستثمر في منزلٍ عالي الجودة داخل حيٍّ متوسط المستوى يرتاح إليه ويفضّل السكنَ فيه لأسبابٍ شتى، تؤكّد جانبًا حاسمًا آخر من اقتصاديات العقارات --- وهو مفهوم العقارات ``المفرطة البناء". فمثلُ هذه العقارات، مع شدّة جاذبيتها، قد لا تجد مشترين محليين قادرين على دفع السعر الذي كانت لتبلغه في منطقة سوقٍ أعلى سعرًا.

ومنحنى CQA--الباقي مميِّزٌ لكل منطقة سوق، ولا ينبغي إغفالُه عند إجراء تحليلك.

شكل 2: دالة CQA--الباقي المميِّزة



4.12 باقي العقار موضوع التقييم

بخلاف المقارنات، لا يملك العقار موضوع التقييم باقيًا محدَّدًا موضوعيًا؛ بل يجب أن يقدّره مهندسُ التقييم. ويُدخل هذا التقديرُ قدرًا من الذاتية في بروتوكول RCA، فيعلّم مفصلًا حاسمًا يؤدي فيه الحكمُ الشخصي دورًا محوريًا.

ولتقدير درجة CQA، يحلّل مهندسُ التقييم العقارات المرتَّبة تحليلًا دقيقًا، باحثًا عن أنماطٍ ملحوظة في الترتيب. وينطوي هذا التحليل في الغالب على مراجعةٍ تفصيلية لصور MLS المرتبطة بكل عقار. والمراجعةُ الشاملة غير عملية لمجموعة بياناتٍ كبيرة كستمئة عقار. وبدلًا من ذلك، يطبّق مهندسُ التقييم استدلالًا عمليًا لتقريب الموضع المرجَّح للعقار موضوع التقييم في الترتيب الإجمالي. فالعقاراتُ التي تحتاج إلى إصلاحاتٍ واسعة، أو ``ما يحتاج إلى إصلاح"، تُوضع عمومًا قرب الأسفل، في حين تنزع ذواتُ التحديثات والجاذبية المتفوّقة إلى الترتيب قرب القمة.

ثم يتبنّى مهندسُ التقييم مقاربةً أشدّ تركيزًا، ``فيقفز" داخل الترتيب لتعرّف مقارناتٍ تطابق جاذبيةَ العقار موضوع التقييم مطابقةً وثيقة.

ومع تضييق النطاق، يولي مهندسُ التقييم انتباهًا أدقّ لأوجه التشابه بين العقارات، ولا سيما في جوانبَ كالجودة والحالة وجماليات التصميم (بما فيها عناصر كالدهان والأعمال الخشبية والحجرية والنوافذ)، والمنفعة الوظيفية، وسائر الخصائص ذات الصلة.

ومن الحاسم فهمُ أن أحكام مهندس التقييم تسترشد أساسًا بالترتيبات التي أرستها السوق. وهذا يضمن أن ترسو العناصرُ الذاتية في العملية على حقائق السوق، سعيًا إلى تقييمٍ عادل ودقيق للعقار موضوع التقييم.

5.12 نتيجة القيمة في RCA

1.5.12 اعتباراتٌ عامة

تحديدُ درجة CQA محوريٌّ لإرساء قيمة الباقي المقدَّرة لعقارٍ ما، إذ العنصران مرتبطان ارتباطًا جوهريًا. ومع أنه يمكن تقويمُ عقارٍ من دون CQA، فهذا المقياس يقدّم سياقًا ثمينًا بتوضيحه موضعَ العقار مقارنةً بغيره في منطقة السوق. فدرجةُ CQA البالغة 3.2 مثلًا تدلّ على أن العقار أجذبُ من 32% من العقارات المقارِنة في الجوار. وإن وُجدت اعتراضاتٌ على الدرجة المُسنَدة، وجب على المعترضين الرجوعُ إلى الترتيبات وتسويغُ أي تعديلاتٍ مقترحة بناءً على بيّنةٍ صورية أو بياناتٍ جوهرية أخرى. وإن كان نظام الترتيب متينًا وكان مهندسُ التقييم قد وضع العقار وضعًا دقيقًا داخل هذا الإطار، فمن غير المرجَّح أن تنشأ تباينات ذات شأن.

وفي طور الإبلاغ، تُنتقى عادةً ست إلى اثنتي عشرة بيعةً مقارِنة حديثة وذات صلة لإسناد نتيجة التقييم. وتُحلَّل الفروق بين هذه المقارنات والعقار موضوع التقييم، مع تعديل كل متغيرٍ تبعًا لذلك. ثم تُطبَّق هذه التعديلات على صافي أسعار بيع المقارنات لاشتقاق أسعار بيعٍ معدَّلة. وكما بُرهن رياضيًا، ينبغي أن تتقارب هذه الأسعارُ المعدَّلة مع سعر البيع المقدَّر للعقار موضوع التقييم.

2.5.12 المراجعة والتدقيق والشكاوى

بمجرد تحديد الباقي المقدَّر للعقار موضوع التقييم، يمكن حسابُ تعديلات الباقي لكل المقارنات. وتصلح هذه التعديلات قيودًا للتفكيكات اليدوية اللاحقة من مهندس التقييم، مفصَّلةً على متغيرات CQA التي تُرى ذات صلة. ومن المهم التشديد على أن هذه التفكيكات التفصيلية تفسيريةٌ ولا تؤثّر في التقييم النهائي، على نحو ما يؤكّده البرهان II.

وأما الشكاوى التي يقدّمها مستعملون غير راضين عن نتيجة قيمة التقييم، فالمُقيّم التقليدي مضطرٌّ عادةً إلى إضاعة الوقت في شرح لماذا لا يكون لهذا العقار أو ذاك ذي السعر الأعلى أو الأدنى الأثرُ الذي يتوقّعه المستعمل في القيمة. أما مع RCA، فكلُّ المبيعات المقارِنة الممكنة (وهي عادةً من مئةٍ إلى ستمئة) تُقوَّم عادةً إلى القيمة نفسها بالضبط التي انتهى إليها السعر، فلا يستغرق بيانُ تعديلات عقارٍ اعتباطي إلا جهدًا يسيرًا. وعمليةُ RCA كلُّها مؤتمتةٌ وموضوعية، عدا تسجيلَ درجة باقي العقار موضوع التقييم. ومن ثمّ فمن مزايا RCA الأخرى أن النقد الموجَّه إلى نقائص الحكم الذاتي لمهندس التقييم يقتصر أساسًا على ذلك المجال وحده --- ويمكن إدارتُه إدارةً فعّالة وكفؤة. كما أنه بافتراض R2 يقارب 80%، يكون أثرُ خطأٍ قدره $\pm$ 10% في تقدير باقي العقار موضوع التقييم خطأً قدره $\pm$ 2% في تقدير القيمة النهائي.

وفي كثيرٍ من الحالات، يلائم العقارُ موضوع التقييم ترتيبَ بواقي العقارات ملاءمةً تامة، بحيث يمكن توقّعُ دقةٍ في حدود $\pm$ 1%.

ومجموعُ الباقي المقدَّر وسعرِ البيع المقدَّر بـMARS للعقار موضوع التقييم يعطي نتيجةَ القيمة النهائية المعروفة بنتيجة قيمة منهج قيد البواقي (RCA). وهذه العملية تضمن مقاربةً شاملة وشفّافة لتقييم العقارات، فتعزّز الثقة في دقة التقدير وعدالته.

13 الخاتمة

منهج قيد البواقي إطارٌ ذو ثلاثة إسهاماتٍ جوهرية: خاصّةٌ بنيوية مضادة للترسية مستمدّة من ملاءمة النموذج على السوق كلها لا على مجموعةٍ صغيرة من المقارنات (البرهان I)؛ ونتيجةُ لاتغيّرٍ تتيح لتفكيك الباقي أن يعمل طبقةً تفسيرية من غير إخلالٍ بنتيجة القيمة (البرهان II والملاحظة التالية له)؛ وانتظامٌ تجريبي --- هو منحنى CQA--الباقي المميِّز --- يبدو أنه يتكرّر عبر مناطق السوق في صورةٍ مميِّزة أسّية-خطية-أسّية. وحدودُ الإطار جوهريةٌ بالقدر نفسه: فتفكيكُ الباقي لا متغيّر لكنه غير معيِّن، وخطوةُ وضع CQA تتّكل على حكم مهندس التقييم الذي لم يُتحقَّق منه بعدُ عبر دراسةٍ شكلية لاتفاق المقيِّمين، ودعاوى الدقة تنتظر المقارنةَ المرجعية بالبدائل.

وما يعرضه هذا البحث إطارٌ وبروتوكول. أما ما لا يعرضه بعد، وإن كان البرنامج البحثي الأوسع الجاري الآن يعرضه، فهو خطٌّ قابل للتنفيذ وقابل لتتبّع التدقيق يشغّل البروتوكول في برمجياتٍ بافتراضاتٍ قابلة للدفاع. وذلك الخط --- حزمة earthUI على CRAN لطور دوال أساس MARS، وحزمة glmnetUI للنموذج البنيوي المُنتظَم على تلك الأسس، وحزمة mgcvUI للتنعيم المكاني --- موضوعُ مقالاتٍ مرافقة في هذا العدد، وهو الجسر من RCA بوصفه منهجًا إلى RCA بوصفه منتَجًا قابلًا للتسليم. وفجوةُ العقيدة--الممارسة في تنظيم التقييم (Craytor، 2026) في هذا العدد) تقدّم سببَ أهمية ذلك الجسر: فمخرجاتُ التقييم تُستهلَك اقتصاديًا مُدخَلاتِ مخاطرَ تطلّعية، وإطارٌ يجعل رأي القيمة الحاضرة قابلًا للتدقيق وللاستنساخ شرطٌ سابق لأي اشتباكٍ أمين مع ذلك الاستعمال التطلّعي. وRCA حركةٌ واحدة في ذلك المشروع الأكبر. وليس هو المشروعَ كلَّه، ولا يدّعي هذا البحث أنه كذلك.

References

Ambrose, Brent W. et al. (2025). ?Do Appraiser and Borrower Race Affect Mortgage Collateral Valuation?? In: *Review of Finance*. DOI: 10.1093/rof/rfaf046.

Craytor, William Bert (2026). ?The Doctrine–Practice Gap in Real Estate Appraisal: A Structured Account of Functions, Boundaries, and Tensions.? In: *Valuation Engineer Journal* 1.1.

Friedman, Jerome H. (1991). ?Multivariate Adaptive Regression Splines.? In: *The Annals of Statistics* 19.1, pp. 1–141.

Hastie, Trevor, Robert Tibshirani, and Jerome H. Friedman (2017). *The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction*. Second. Springer Series in Statistics. New York, NY: Springer. ISBN: 978-0-387-84857-0.

James, Gareth et al. (2013). *An Introduction to Statistical Learning: With Applications in R*. Springer Texts in Statistics 103. New York: Springer. ISBN: 978-1-4614-7137-0.

Krivorotov, George and Michael LaCour-Little (2020). ?AVM versus Appraisal-Based Underwriting in Refinance Mortgages: The Trade-off Between Noise and Bias.? In: *SSRN Electronic Journal*. DOI: 10.2139/ssrn.3603327.

Kuhn, Max and Kjell Johnson (2016). *Applied Predictive Modeling*. Corrected at 5th printing. New York: Springer. ISBN: 978-1-4614-6848-6.

Lundberg, Scott M. and Su-In Lee (2017). ?A Unified Approach to Interpreting Model Predictions.? In: *Advances in Neural Information Processing Systems 30 (NeurIPS 2017)*, pp. 4765–4774.

Milborrow, Stephen (2024a). *Earth: Multivariate Adaptive Regression Splines*. R Package. URL: https://CRAN.R-project.org/package=earth.

— (2024b). *Notes on the Earth Package*. Tech. rep. URL: http://www.milbo.org/doc/earth-notes.pdf.

— (2024c). *Variance Models in Earth*. Tech. rep. URL: http://www.milbo.org/doc/earth-varmod.pdf.

Perry, Andre M., Jonathan Rothwell, and David Harshbarger (2018). *The Devaluation of Assets in Black Neighborhoods*. Tech. rep. Brookings Institution.

Perry, Andre M., Jonathan Rothwell, J. Williamson, et al. (2024). *How Racial Bias in Appraisals Affects the Devaluation of Homes in Majority-Black Neighborhoods*. Tech. rep. Brookings Institution.

Property Appraisal and Valuation Equity Task Force (2022). *Action Plan to Advance Property Appraisal and Valuation Equity*. Tech. rep. U.S. Department of Housing and Urban Development.

Shapley, Lloyd S. (1953). **?**A Value for n-Person Games.**?** In: *Contributions to the Theory of Games, Volume II*. Ed. by Harold W. Kuhn and Albert W. Tucker. Annals of Mathematics Studies 28. Princeton: Princeton University Press, pp. 307–317.

Tzioumis, Konstantinos (2016). **?**Appraisers and Valuation Bias: An Empirical Analysis.**?** In: *Real Estate Economics* 45.3, pp. 679–712. DOI: 10.1111/1540-6229.12133.

Williamson, Jake and Mark Palim (2022). *Appraising the Appraisal: A Closer Look at Divergent Appraisal Values for Black and White Borrowers Refinancing Their Home*. Tech. rep. Fannie Mae.

Zhang, Wengang (2020). *MARS Applications in Geotechnical Engineering Systems: Multi-Dimension with Big Data*. Singapore: Springer. ISBN: 978-981-13-7421-0.