

التوقع الشرطي (Conditional Expectation)

Foundations • The Valuation Engineer

William Bert Craytor • October 1, 2026

Version 1.2.0

DOI: 10.67330/99hhbc69

تعريف صوري. التوقع الشرطي لنتيجة ما (في هذه الحالة، سعر البيع) في ضوء مجموعة من المتنبئات (السمات المقاسة) هو متوسط توزيع النتيجة عند كل قيمة ثابتة من قيم المتنبئات. وعند النظر إليه كدالة للمتنبئات، يُسمى دالة المتوسط الشرطي، (CEF) وهي الدالة التي يهدف الانحدار إلى تقريبها. ويقدم انحدار المربعات الصغرى العادية (OLS) أفضل تقريب خطي لدالة المتوسط الشرطي، ويستنسخ دالة المتوسط الشرطي بدقة عندما تكون دالة المتوسط الشرطي نفسها خطية.

تقريب حدسي. يبدأ التعديل المستمد من تحليل الانحدار من «معدل»: وهو ما يدفعه السوق لكل قدم مربع، ولكل حمام، ولكل سنة عمر للعقار. يتناول هذا المقال مصدر هذا المعدل وما الذي يمثل معدلًا له. الإجابة المختصرة هي أنه يمثل ميل متوسط سعر السوق عند تغير إحدى الخصائص مع بقاء الخصائص الأخرى ثابتة، والانحدار هو طريقة لقياس هذا الميل استنادًا إلى المبيعات. يقيس الانحدار OLS منحدرًا واحدًا لمجمل نطاق السمة؛ بينما يقيس MARS (الانحدار التكيفي متعدد المتغيرات، فريدمان 1991) منحدرًا لكل نطاق يختلف فيه السعر الذي يدفعه السوق، ويقدم معدلًا واحدًا لكل نطاق. في كلتا الحالتين، يمثل المعدل قياسًا لنفس الشيء، وهو الطريقة التي يتحرك بها متوسط السعر مع السمة، ويتناول باقي هذا المقال ذلك الأمر: ما هو، ولماذا تقيسه شبكة مقارنة المبيعات أيضًا، وماذا يعني عندما يعطي انحداران على نفس المبيعات معدلين مختلفين.

للقارئ الذي يرغب في معرفة الآلية. إن «السعر المتوسط مع تغير الخصائص» له اسم، وهو دالة التوقع الشرطي، وسيستخدمه هذا المقال من الآن فصاعدًا. وهو عبارة عن سطح على فضاء الخصائص؛ والمعدل هو ميله في اتجاه واحد؛ تقوم طريقة OLS بالملاءمة للمستوى الذي يقترب بشكل أفضل من السطح ولا تستعيده بدقة إلا عندما يكون السطح مستويًا؛ أما طريقة MARS فتقوم بالملاءمة لسطح مكون من قطع مسطحة تتحني عند نقاط الانقطاع التي تجدها، وبالتالي تقترب أكثر عندما ينحني السطح الحقيقي. وتُعد السيارات الثماني العقارات المقارنة من طراز Pacifica الواردة في العدد 1 مثالاً توضيحيًا على ذلك.

يتناول هذا المقال الإحصاءات وليس القانون: فهو يركز على ما يمكن أن تقدّره عملية الانحدار، وهو موجه إلى المُقيمين الذين يجرون عمليات الانحدار أو الذين يستخدمون شبكة مقارنة المبيعات --- التي تقدّر هو الآخر الأمر نفسه.

استُخدمت عملية الانحدار التي أُجريت في العدد الأول بالنسبة للعقارات المقارنة لشركة «باسيفيكا» لاستنباط الأسعار الضمنية من معاملاتها (المعدلات التي يحددها الانحدار للخصائص)؛ والسعر الضمني هو المبلغ بالدولار الذي يدفعه السوق مقابل وحدة واحدة من إحدى الخصائص. ومع ذلك، لم يتم توضيح ما تم تقديره في تحليل الانحدار بوضوح، ومن الجدير ذكر ذلك لأن جميع الأسئلة التالية في هذا العدد تقريبًا --- المتعلقة بالتحيز، والداخلية، والتحديد --- هي أسئلة تتعلق بالفرق بين ما تم تقديره وما كان مطلوبًا.

يُعرض التحليل الانحداري عادةً من خلال ملاءمة خط عن طريق تقليل مجموع مربعات المتبقيات (المتبقي هو سعر البيع مطروحًا منه السعر الذي تعطيه المعادلة الملائمة) ومن ثم تحديد الميل. ورغم أن هذا الوصف صحيح من حيث العمليات الحسابية المتضمنة، إلا أنه مضلل عندما يتعلق الأمر بالهدف. فالعمليات الحسابية ليست سوى وسيلة؛ أما الهدف فهو كمية تصف السوق بأكمله (كمية المجموعة الإحصائية)، وليس مجرد المبيعات المتاحة حاليًا.

قراءة الترميز.

P سعر البيع.

Z قائمة بالخصائص المقاسة للعقارات؛ وتُسمى قائمة كهذه متجهًا.

z مجموعة معينة من القيم لتلك القائمة، على سبيل المثال 1,650 قدمًا مربعًا، وقطعة أرض مساحتها 7,200 قدم مربع، بدون

إطلالة، وحالة 00.7.

$E[\]$ القيمة المتوقعة: متوسط جميع القيم المحتملة، مع ترجيح كل قيمة حسب احتمالها.

«مُعطى».

$E[P \mid Z = z]$ القيمة المتوقعة للسعر بين العقارات التي تتطابق خصائصها مع z .

σ انحراف المبيعات عن تلك القيمة المتوقعة.

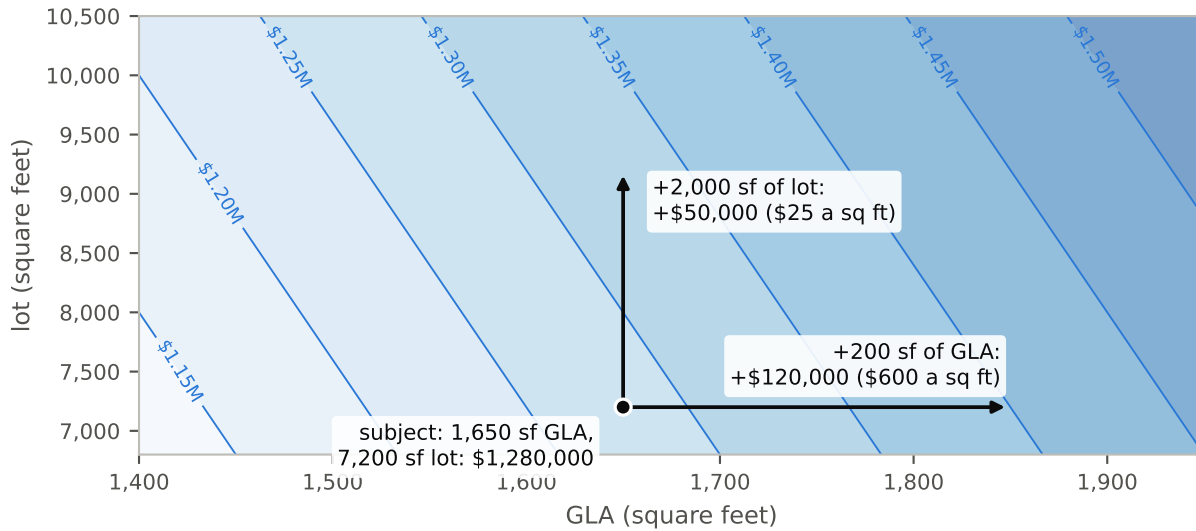
u الخطأ الهيكلي في عملية البيع: السعر مطروحًا منه المبلغ الذي تنص عليه العلاقة السببية.

$\hat{p}$ القيمة التي تعطيه المعادلة التي تتميز بالملاءمة.

z_{GLA} قيمة إحدى الخصائص: المساحة الإجمالية القابلة للاستخدام (GLA) ومساحة قطعة الأرض بالقدم المربع؛ الإطلالة وإعادة الترميز: 1 إذا كانت الإجابة «نعم»، و 0 إذا كانت «لا»: 00.10--00.0 CQA.

حدد متجه الخصائص z --- أي 1,650 قدم مربع، وقطعة أرض مساحتها 7,200 قدم مربع، بدون إطلالة، وحالة «جيدة» (00.7) على مقياس الحالة الخاص بالصحيفة، كما هو موضح في المثال التوضيحي). من بين العقارات المتوفرة في السوق التي تتمتع بنفس متجه الخصائص هذا بالضبط، تختلف الأسعار. ولا تتطابق الأسعار لأن العقارات تختلف في جوانب لا يراها المتجه، ولأن المشترين والبائعين يختلفون، ولأن المفاوضات لا تنتهي دائماً بنفس السعر. في ذلك السوق، يوجد توزيع كامل للأسعار يتوافق مع z . متوسط هذا التوزيع هو المتوقع الشرطي للسعر بشرط z ، ويُكتب $E[P | Z = z]$ ؛ ويعود التعريف العام إلى كولموغوروف (1933). متوسط المبيعات الحالية هو تقدير لهذه القيمة المتوقعة، وليس القيمة المتوقعة نفسها.

ونظراً لأن خصائص العقارات تمتد عبر فضاء الخصائص الكامل، فإن المتوسط المتوقع الشرطي يرسم سطحاً: ففي كل نقطة يوجد رقم، وهو متوسط سعر العقارات التي تتمتع بتلك الخصائص. يُعرف هذا السطح بدالة التوقع الشرطي، أو CEF. وهي سمة من سمات السوق وليست شياً ينتمي إلى أي مجموعة بيانات معينة --- فهي ستظل موجودة حتى لو لم يتم تقييم أي عقار على الإطلاق. ويوضح الشكل 1 هذا السطح في المثال الحالي.



شكل 1: دالة التوقع الشرطي لسوق «باسيفيكا» المُصنَّم (مثال توضيحي)، للمنازل التي لا تتمتع بإطلالة، و CQA 00.7، ولم تخضع لأي تجديد، مرسومة على غرار الخريطة الطبوغرافية: يربط كل خط بين مجموعات المساحة الإجمالية القابلة للتأجير (GLA) ومساحة الأرض التي يتساوى متوسط سعرها، ويزداد لون التظليل قتامة كلما ارتفع متوسط السعر. النقطة المحددة هي المنزل موضوع هذا المدخل، بمساحة إجمالية قابلة للتأجير (GLA) تبلغ 1,650 قدم مربع على قطعة أرض تبلغ مساحتها 7,200 قدم مربع، في \$1,280,000. السهمان يمثلان المنحدرين، وهما المعدلان: كل زيادة بمقدار 200 قدم مربع في المساحة الإجمالية القابلة للتأجير (GLA) ترفع السعر المتوسط بمقدار \$120,000، أو \$600 لكل قدم مربع؛ وكل زيادة بمقدار 2,000 قدم مربع في مساحة قطعة الأرض ترفعه بمقدار \$50,000، أو \$25 لكل قدم مربع.

هناك حقيقتان تجعلان من دالة التوزيع الشرطي (CEF) الهدف الطبيعي للتقدير. أولاً، من بين جميع دوال z ، فإن دالة التوزيع الشرطي (CEF) هي التي تقلل إلى أدنى حد القيمة المتوقعة لربيع خطأ التنبؤ: فعندما يتعين عليك تقدير سعر ما استناداً إلى z فقط، ويتم تقييمك على أساس ربيع الخطأ، فإن $E[P | Z = z]$ هي أفضل تقدير يمكنك التوصل إليه. ثانياً، يمكن التعبير عن أي نتيجة بالصيغة

$$P = E[P | Z] + \varepsilon, \quad E[\varepsilon | Z] = 0,$$

، حيث لا تُعد المعادلة الثانية افتراضاً بل معادلة هوية، لأن الانحراف عن المتوسط الشرطي له متوسط شرطي يساوي صفراً بحكم التعريف (Angrist & Pischke 2009، الفصل 3).

يأتي هذا البند قبل البنود من 008 (تحيز المتغير المحذوف) إلى 010 (تحديد المعلمات)، لأن كلاً منها يتساءل عما إذا كان ما يستخلصه الانحدار هو CEF محل الاهتمام. تتحقق المتطابقة $E[\varepsilon | Z] = 0$ دائماً، لأن ε تُعرّف بأنها المسافة عن المتوسط الشرطي. ما يمكن أن يفشل هو الشرط نفسه، أي المتوسط الشرطي الذي يساوي صفراً، بالنسبة لخطأ مختلف: وهو الخطأ الهيكلي، الذي يُكتب على النحو التالي: u في البند 009 (الداخلية) --- أي الفرق بين السعر والعلاقة السببية التي يرغب المُقيمين في قياسها. يمكن أن ينتقل هذا الخطأ مع الميزات. يحدث هذا، على سبيل المثال، عندما يتم استبعاد أحد العوامل التي تؤثر على السعر؛ أو عندما يؤثر السعر بدوره على إحدى الخصائص ---

فعادةً ما ترتفع مدة بقاء العقار في السوق (DOM) مع ارتفاع السعر، لذا فإن الانحدار الذي يستخدم مدة بقاء العقار في السوق لتفسير السعر يلتقط بعضاً من تأثير السعر نفسه على مدة بقاء العقار في السوق، وهذا هو السبب في أن قلة من المحللين يدرجون مدة بقاء العقار في السوق في انحدار سعر البيع الصافي؛ أو عندما يتم قياس إحدى الخصائص بشكل خاطئ. يتناول انحراف المتغير المهمل (البند 008) و«الداخلية» (البند 009) هذه الطرق؛ أما تحديد المعلومات (البند 010) في طرح السؤال المسبق، وهو ما إذا كانت المبيعات قادرة على إظهار المعدل أصلاً.

أين يصادفه المقيّم. إن المقيمين الذين يذكرون أن «منزلاً تبلغ مساحته 1,650 قدمًا مربعًا ولا يتمتع بإطلالة في هذه المنطقة يُباع بسعر يبلغ حوالي \$1.28 million» يقدمون توقعًا مشروطًا. والكلمة المستخدمة هنا هي «حوالي». ولا يدعي هذا القول إن كل منزل من هذا النوع يُباع بسعر \$1.28 million؛ بل يعني أن \$1.28 million هو متوسط الأسعار التي تُباع بها المنازل من هذا النوع. ويقول «حوالي»، يقر المقيمين بأن الأسعار الفردية تتباين حول تلك القيمة.

جدول مقارنة المبيعات هو طريقة لتقدير قيمة CEF عند المتجه المميز للعنصر قيد الدراسة؛ فكل عقار مقارن يمثل ملاحظة مأخوذة من توزيع الأسعار عند المتجه المميز لذلك العنصر؛ ويؤدي كل تعديل إلى تحريك تلك الملاحظة على طول سطح CEF في اتجاه متجه العنصر قيد الدراسة؛ ثم تعطي القراءة المتوافقة تقديرًا لارتفاع سطح CEF عند الموضوع. من الناحية الهيكلية، عندما تُستخلص تعديلاتها من المبيعات، يمكن النظر إلى الشبكة على أنها مُقدّر بسيط غير معلمي (لا يفترض أي صيغة للسطح) للمتوسط الشرطي --- وهو مُقدّر يستخدم المتوسط المحلي والمنحدرات المحددة يدويًا بدلاً من OLS؛ التعديلات المأخوذة من التكلفة أو من التقدير هي آراء منظمة، وليست تقديرات من هذا النوع.

إن وضع شبكة التقييم لهذا النموذج بهذه الطريقة يسلط الضوء على الافتراضات الضمنية للمقيمين. فكلما تم استخدام المقارنات، يُفترض أن منحني التوزيع الشرطي (CEF) سلس بما يكفي لكي تكون النقاط المجاورة ذات صلة بالقيمة عند نقطة العقار موضوع التقييم. ويفترض التعديل الخطي أن ميل منحني CEF لتلك الخاصية المعنية ثابت تقريبًا عبر النطاق المشمول. كما أن إعطاء وزن متساوٍ لثلاثة مؤشرات يفترض أن كل منها يقدر نفس المتوسط الشرطي، وأنه لا يوجد انحراف منهجي في أي منها، وأن جميعها تتمتع بدقة متشابهة. لا يعد أي من هذه الافتراضات غير معتاد؛ فجميعها تتعلق بشكل السطح، وتصبح جميعها موضوعات للنقاش بمجرد تحديد السطح المعني.

كما أن هذا الإطار يضع حدًا لالتباس شائع حول الفواصل. فهناك نوعان من عدم اليقين. الأول يتعلق بموقع دالة التوقع الشرطي (CEF) أي مدى ابتعاد السطح المُعدّل عن المتوسط الحقيقي. والثاني يتعلق بمدى تباين الأسعار الفردية حول هذا المتوسط. ولا يغطي فاصل الثقة سوى النوع الأول؛ أما فاصل التنبؤ فيغطي كلا النوعين، ولذلك فهو دائماً الأوسع بين الاثنين. باستخدام MARS، وهي طريقة الانحدار الرئيسية التي تستخدمها المجلة، توفر حزمة earth (Milborrow 2026a) فاصل تنبؤ لموضوع ما من نموذج ثانٍ، وهو نموذج التباين (Milborrow 2026b) الذي يقدر كيفية تغير تباين الأسعار عبر السوق. وتتمثل الشروط في وجود عدد كافٍ من المبيعات، وأن تكون الأخطاء تقريباً طبيعية ومستقلة عن بعضها البعض؛ ويُبلغ البرنامج عن عدد المرات التي تقع فيها المبيعات داخل الفاصل، وهذا هو الاختبار. في التقييم القائم على تحليل الأسباب الجذرية، (RCA) تكون القيمة السوقية للعنصر قيد التقييم، وفقاً لنهج مقارنة المبيعات، هي سعر البيع المقدّر للنموذج مضافاً إليه الفارق المتبقي الذي يقدره المقيّمين. ويقدم نموذج التباين الفاصل الزمني الذي يقع ضمنه بيع العنصر قيد التقييم، باحتمال 95 في المائة، شريطة استيفاء تلك الشروط. وعندما يُسأل المقيّمين «ما مدى ثقتك؟»، فإن السؤال عادةً ما يهدف إلى معرفة مدى تباين الأسعار الفردية (فاصل التنبؤ)، ويجب عادةً بمدى ثقته في المتوسط (فاصل الثقة).

إن تسمية «المقدّر» --- أي السمة التي يتم تقديرها في المجموعة الإحصائية --- هو إجراء يمكن للدفاع عنه، لأنه لا يمكن الحكم على أي استنتاج بدونها. فالعبارة «التعديل هو \$100,000» لا يمكن اعتبارها صحيحة أو خاطئة في هذه المرحلة. فقط عندما نقول «الفارق في متوسط سعر البيع الشرطي بين العقارات المطلة على منظر وتلك غير المطلة، مع إبقاء المساحة الإجمالية المخصصة للمعيشة (GLA) والمساحة الأرضية والحالة ثابتة، يبلغ \$100,000 في هذا القطاع من السوق» عندها فقط نكون قد أدلينا بادعاء يمكن الطعن فيه بناءً على العوامل التي تم إبقاؤها ثابتة، والمجموعة المعنية، والوحدات المشمولة.

لماذا يهم في تماسك الرأي. وينتج عن ذلك ثلاث نتائج تتعلق بإمكانية الدفاع عن الموقف.

يُعد اختيار مجموعة التكييف (السمات التي تُبقى ثابتة) مسألة منهجية: فهو يحدد المتغير المراد تقديره. أما مسألة ما إذا كانت البيانات قادرة على تقدير ذلك المتغير أم لا، فهي مسألة منفصلة، وهي موضوع تحديد المعلومات. تمثل العبارات $E[P | GLA, view]$ و $E[P | GLA, view, condition]$ دوال مختلفة، قد يكون لها قيم مختلفة ومنحدرات مختلفة. وعندما يدرج المقيّمين متغيراً في الشبكة، فإنه لا يكتفي بتحسين التقدير فحسب، بل إنه يُغيّر المُقدّر نفسه. والموقف المعقول هو تحديد مجموعة الشروط التي يستند إليها رأي التقييم.

يصف التعبير «مع بقاء العوامل الأخرى ثابتة» الطريقة التي يتبعها المقيّمين في استدلالهم أثناء التحليل، وله معنى محدد. وفي إطار عمل CEF، يشير هذا التعبير إلى مقارنة المتوسطات الشرطية عند متجهين مميزين يختلفان في سمة واحدة فقط. وهذا بيان يتعلق بالمجتمع الإحصائي ويمكن التحقق من صحته بمقارنته ببيانات السوق عند توفر ما يكفي منها. وعادةً ما يُدرج التحليل الكامن وراءه في ملف العمل --- وهو سجل المهمة الذي تُلزم قاعدة حفظ السجلات في معايير الممارسة المهنية الموحدة لتقييم العقارات (USPAP) المقيّمين بالاحتفاظ به --- بدلاً من إدراجه في التقرير.

الفارق المتبقي هو معلومة، وليس مصدر إحراج. فانتشار الأسعار حول دالة التوقع الشرطي هو سمة من سمات السوق؛ وفي سوق تتباين فيه الأسعار بشكل واسع حول هذه الدالة، فإن أي تقدير مكون من رقم واحد --- بغض النظر عن الطريقة المستخدمة --- سيكون مصحوباً بدرجة كبيرة من عدم اليقين. وذكر قيمة ما دون الإشارة إلى هذا التباين يجعل الاستنتاج يبدو أكثر دقة مما يبرره السوق.

مثال تقييمي محلول. تُعد الأسعار الثمانية العقارات المقارنة في «باسيفيكا» الواردة في العدد الأول عينة خالية من التشويش: فقد تم تكوينها لتلبية معادلة خطية واحدة بدقة تامة. وعندما يتم إجراء تحليل انحدار لهذه الأسعار الثمانية بناءً على المساحة الإجمالية القابلة للتأجير (GLA) والقطعة العقارية والإطلالة والحالة ومؤشر إعادة التصميم، يتم استنتاج كل سعر بالدولار بالضبط --- دون أي فائض --- ويُرجع تحليل الانحدار المعادلة التي بُنيت عليها الأسعار، معدلاً بمعدل:

$$E[P | Z] = -30,000 + 600 \cdot z_{GLA} + 25 \cdot z_{lot} + 100,000 \cdot z_{view} + 20,000 \cdot z_{cond} + 60,000 \cdot z_{remodel}.$$

«الحالة» هنا هي «CQA» الخاصة بهذه المجلة: وهي تقدير لحالة المنزل مقارنةً بحالة المنازل المحيطة به في منطقة السوق المحددة. وتستند هذه CQA إلى فهم المُقيمين لتلك المنطقة السوقية، ولا ينبغي أن تتعارض بشكل جوهري مع فهم المُقيمين الأقران العاملين في نفس المنطقة السوقية. تتراوح CQA بين 00.0 و 00.10: وهي تمثل النسبة المئوية للمنازل في منطقة السوق التي تكون في حالة أسوأ، مقسومة على عشرة. CQA 00.5 تعني أن نصف المنازل في منطقة السوق في حالة أسوأ؛ و 00.9 تعني أن تسعة من كل عشرة منازل في حالة أسوأ. وصف العدد 1 الحالة بالكلمات ورمزها بأرقام من 1 إلى 3 من أجل تحليل الانحدار؛ في نظام CQA الخاص بهذه المجلة، تُقابل العبارات التالية بالمتوسط 00.5، وجيد 00.7، وممتاز 00.9، لذا فإن كل درجة من العدد 1 تعادل نقطتين، ويدفع السوق \$20,000 لكل نقطة. المصطلح الأخير هو فرق السعر الذي تربطه البيانات المركبة بعملية إعادة التصميم: \$60,000 أكثر من منزل له نفس المساحة الإجمالية القابلة للتأجير (GLA)، والمساحة الأرضية، والإطلالة، ودرجة CQA. وهذا ليس سعرًا لعملية إعادة التصميم بحد ذاتها؛ بل يمثل كل ما أضافته عملية إعادة التصميم ولم تسجله الميزات الأخرى (البند 008، انحياز المتغير المحذوف).

هذا هو مؤشر CEF الخاص بسوق «باسيفيكا» المُصنَّع، على وجه الدقة. ومن المهم توضيح نوع الكيان الذي تم وصفه للتو، ولماذا يمكن وصفه بهذه الدقة. فقد تم إنشاء مجموعة البيانات هذه، ويمكن لمجموعة البيانات المُصنَّعة أن تكون خالية من الضوضاء بالفعل؛ في حين أن المجموعة الحقيقية لا تكون كذلك أبدًا. وتتمثل ميزة إنشائها في أنها تزيل الضوضاء العشوائية من الأسعار تمامًا --- حيث يقع كل سعر تمامًا على الصيغة --- لذا في البنود من 008 (تحيز المتغير المحذوف) إلى 010 (تحديد المعلمات)، لا يمكن أن ينشأ أي اختلاف بين التقدير والهدف منه عن الضوضاء: فكل منها يمثل انحيازًا أو، في تحديد المعلمات، فشلًا في التحديد.

يعامل المثال «الحالة» كسمة ذات معدل بالدولار، كما هو الحال في التقييم التقليدي وكما ورد في العدد الأول، وتوضح البنود 008 (تحيز المتغير المحذوف)، و 009 (الداخلية)، و 010 (تحديد المعلمات) ما هي المشاكل التي تنشأ عن ذلك. منهجية التقييم التقليدية ليست هي المنهجية التي تتبعها المجلة، وهي التقييم القائم على منهج القيد المتبقي (RCA). في منهج القيد المتبقي، لا يأخذ الانحدار سوى السمات التي يمكن قياسها؛ ويتم استبعاد الحالة والجودة منه عن قصد. ما يتركه الانحدار دون تفسير من سعر البيع هو المتبقي. في أسواق كاليفورنيا التي يتناولها المحرر، تفسر السمات المقاسة عادةً حوالي 80 في المائة من التباين في أسعار البيع، تاركًا حوالي الخمس للمتبقي. يقسم المُقيمين المتبقي بين الحالة والجودة والسمات الأخرى التي لا تقيسها البيانات، مستخدمًا درجات المُقيمين كدليل، في ظل قيد واحد: يجب أن يساوي مجموع مساهمات قيمة مكونات المتبقي الخاص بالعقار المقارن. لا تعتمد نتيجة التقييم على كيفية تقسيم المُقيمين لها --- البرهان الثاني من ورقة Craytor 2026 (RCA، ص. 36): إن تغيير توزيع المتبقي في ظل القيد القائل بأن مجموع مساهمات قيمة مكونات المتبقي يجب أن يساوي المتبقي للعقار المقارن لا يؤثر على نتيجة التقييم النهائية. وبالتالي، لا يتم تقدير معدل الحالة أبدًا ولا يدعى أبدًا؛ وما يخصه المُقيمين للحالة هو الحالة التي تتجاوز ما تم تفسيره بالفعل من خلال السمات المقاسة، ومن بينها العمر.

إذا قارنا انحدار «العدد 1» مع دالة التوقع الشرطي (CEF) هذه، فيمكن تقييم الانحدار --- على أن يتم أولاً التمييز بين أمرين. بشكل عام، لا يعيد الانحدار OLS بناء دالة التوقع الشرطي التي يستهدفها؛ بل يجد أفضل تقريب خطي لها، أي الإسقاط الخطي، ولا يتطابق هذان الاثنان إلا في الحالة التي تكون فيها دالة التوقع الشرطي (CEF) خطية. أما الطريقة غير البارامترية مثل MARS فلا تحتاج إلى أن تكون دالة التوقع الشرطي (CEF) خطية: فهي تقرب دالة التوقع الشرطي (CEF) على أجزاء، مع وجود مفصل (نقطة يتغير فيها المعدل) حيث ينحني السطح، ومصطلح تفاعل (معدل يعتمد على سمة أخرى) حيث يلتوي، وبالتالي تتبع دالة توقع شرطي غير خطية كان الإسقاط الخطي سيجعلها مسطحة. ولا يزال هذا تقريبًا لنفس الكائن، وترتبط به مسائل المتغيرات المحذوفة، والداخلية، والتحديد الواردة في المقالات التالية بنفس الطريقة تمامًا. ويُعد CEF المكون من خمسة متغيرات المذكور أعلاه خطيًا، وهذا هو السبب في أن الانحدار الذي يتضمن مؤشر إعادة التشكيل قادر على استعادته بدقة. يُقدَّر الانحدار الخاص بالعدد 1، المشروط بأربع خصائص باستثناء مؤشر إعادة التصميم، أفضل تقريب خطي لـ $E[P | GLA, lot, view, cond]$ ، ويعطي، مع إعادة صياغة الشرط بناءً على CQA (نشر العدد 1 قطعًا عند 80,777 و 49,824 لكل خطوة من الترميز 1-3؛ وهو نفس الملاءمة)،

$$\hat{p}(z) = 6,041 + 575 \cdot z_{GLA} + 22.70 \cdot z_{lot} + 86,179 \cdot z_{view} + 24,912 \cdot z_{cond}.$$

يختلف كل معاملة عن المعاملة التي تسبقها. وبمجرد وصف الانحدار من حيث ملاءمة الخط، لا يوجد ما يمكن إضافته: فلدينا نموذجان ومجموعتان من الأرقام. ومع ذلك، في إطار نهج CEF، تتوفر حجتان دقيقتان. أولاً، يعتمد الانحداران على مجموعات مختلفة من المتغيرات، وبالتالي يقاربان دالتين مختلفتين للتوقع الشرطي:

$$E[P | GLA, lot, view, cond] \quad \text{and} \quad E[P | GLA, lot, view, cond, remodel].$$

في سوق تتشارك فيه بعض العقارات التي خضعت للتجديد وتلك التي لم تخضع له نفس الخصائص الأربع، تختلف قيم الدالتين عند تلك النقاط. في هذا السوق الاصطناعي الصغير، لا توجد عقارتان تشتركان في نفس الخصائص الأربع، لذا تتطابق الدالتان عند كل عقار لكنهما تختلفان في الشكل: فالثانية عبارة عن معادلة خطية في خصائصها، بينما الأولى ليست كذلك. في كل حالة، يوفر الانحدار فقط أفضل تقريب خطي لهدفه. وكلا الهدفين يمثلان كائنين صالحين. ثانيًا، فقط الهدف الذي يحتوي على خمسة متغيرات هو الذي يحتوي على معاملات يمكن قراءتها كأسعار ضمنية --- حيث يمثل معامل التجديد فرق السعر بين منزل تم تجديده ومنزل لم يتم تجديده لهما نفس المساحة الإجمالية القابلة للتأجير (GLA) والمساحة الأرضية والإطلالة ودرجة CQA --- ويوضح البند 008 (تحيز المتغير المحذوف) السبب وراء ذلك. يُظهر المتبقي الخاص بـ H Comp من الإصدار 1 مدى أهمية هذا التمييز. وإذا اعتبرنا أن الخصائص الثماني للعدد 1 تمثل السوق بأكمله، فإن كل متجه خاصي مكون من أربعة متغيرات يتطابق تمامًا مع إحدى الخصائص الثماني، وبالتالي فإن نموذج CEF ذي المتغيرات الأربعة يمر بالضبط عبر جميع الأسعار الثمانية --- و H Comp هو أحدها. يبلغ انحراف H Comp صفرًا عن CEF المكون من أربعة متغيرات؛ ويبلغ بقايا الإصدار 1 الخاص به \$46,455 هو مقدار اختلافه عن الانحدار الخطي الملانم ذي المتغيرات الأربعة --- وهو الإسقاط الخطي لتلك السوق ذات العقارات الثماني --- ويمكن تأثير إعادة النمذجة بالضبط في الفجوة بين الإسقاط و CEF مع المواصفات ذات الخمسة متغيرات، يصبح الإسقاط و CEF متطابقين، ويختفي الانحراف. لم يأت المتبقي من H Comp نفسها؛ بل جاء من المواصفات.

References.

- Angrist, J. D., & Pischke, J.-S. (2009). *Mostly Harmless Econometrics: An Empiricist's Companion*. Princeton University Press.
- Craytor, W. B. (2026). Residual Constraint Approach (RCA): Framework & Protocol. *The Valuation Engineer*, 1(1). <https://doi.org/10.67330/kgeboxf46>
- Friedman, J. H. (1991). Multivariate Adaptive Regression Splines. *The Annals of Statistics*, 19(1), 1–67. <https://doi.org/10.1214/aos/1176347963>
- Kolmogorov, A. N. (1933). *Grundbegriffe der Wahrscheinlichkeitsrechnung*. Julius Springer.
- Milborrow, S. (2026a). *earth: Multivariate Adaptive Regression Splines* (R package version 5.3.6; derived from mda:mars by T. Hastie and R. Tibshirani). <https://doi.org/10.32614/CRAN.package.earth>
- Milborrow, S. (2026b, August 7). *Variance Models in earth*. <https://www.milbo.org/doc/earth-varmod.pdf>

identification. parameter ;bias variable omitted ;price implicit ;regression hedonic Cross-references:

Formalization Prolog Addendum:

journal's the in entry this formalizes (007-conditional-expectation.pl) companion machine-readable following The article. this alongside galley browsable a as published also is It base. knowledge Prolog

later-or-0.3-AGPL :Identifier-License-SPDX %
 Engineer Valuation The by Published .Craytor Bert William 2026 (C) Copyright %
 can you :software free is program This .(Net Vista Pacific) Journal %
 General Affero GNU the of terms the under it modify or/and it redistribute %
 3 version either ,Foundation Software Free the by published as License Public %
 distributed is It .version later any (option your at) or ,License the of %
 or MERCHANTABILITY of warranty implied the even without ,WARRANTY ANY WITHOUT %
 or it beside file COPYING the see ;PURPOSE PARTICULAR A FOR FITNESS %
 .<html.0.3-agpl/licenses/org.gnu.www//:https> %

pl.expectation-conditional-007 %%
 %%

007 Entry ,2 Issue ,1 .Vol Foundations to companion Prolog %%
 Expectation Conditional :Title %%
 Craytor Bert :Author %%
 conditional_expectation :Concept %%
 0.2.1 :Version %%
 %%

;statisticians not are who readers for revised text entry :0.2.v1 %%

```

.changes clause Prolog no %%
%%
good ,00.5 average) score 00.10–00.0 s'Journal the on condition :0.1.v1 %%
in lives function generating The .(point a 000,20 ;00.9 excellent ,00.7 %%
this with units those in restated is which ,pl.pacifica_comps_extended/kb %%
.reads it units the but changes here nothing ;release %%
%%
s'entry the encodes it :entry the for galley Prolog the is file This %%
the of function generating the and ,example worked its ,claims main %%
can journal the in code Prolog other form a in dataset running %%
.pdf.entry / tex.entry alongside Read .verify and ,query ,consult %%

===== %
IMPORT DICTIONARY %
===== %

so ,time run at loaded not is (dictionary/tools/Issues) dictionary The %
The .Scriber and Prolog–SWI ,Trealla in unchanged runs file the that %
.linter dictionary the by read ,facts plain are below declarations %
.('1.2026–dictionary')dictionary_release_pinned

----- (reference for quoted) dictionary the From ----- %
, "Expectation Conditional" ,conditional_expectation)term %
, econometric_method %
of set a given outcome an of expectation conditional The" %
each at distribution s'outcome the of mean the is predictors %
the of function a as Viewed .predictors the of value fixed %
function expectation conditional the called is it ,predictors %
to aims regression that function the is it and ,(CEF) %
the gives regression (OLS) squares least Ordinary .approximate %
CEF the reproduces it and ,CEF the to approximation linear best %
,published ,".linear is itself CEF the when exactly %
.('1.2026–dictionary' %
%
.(hedonic_regression ,conditional_expectation)depends_on %

----- %

,hedonic_regression ,conditional_expectation )uses_terms
,hedonic_price_function ,implicit_price
,residual ,characteristics_space
,ordinary_least_squares
,adjustment ,sales_comparison_approach
.([ reconciliation ,comp_selection
.([2/related ,2/depends_on])uses_relations

===== %
SUBJECT ENTRY %
===== %

.(conditional_expectation)article_concept
.(2026)year ,(2)number ,(1)volume)article_issue
.('007.2026.foundations')article_id

===== %
VOCABULARY LOCAL–ENTRY %
===== %

%
properties two the for and records example–worked the for names Field %
the to promote to narrow Too .on relies entry the CEF the of %

```

```

        .dictionary %

function expectation conditional %          .(cef)local_term
        .(estimand)local_term
        .(conditioning_set)local_term
        .(prediction_interval)local_term
        .(confidence_interval)local_term
CEF the to approximation linear best %    .(linear_projection)local_term

===== %
USERS ENTRY THE CEF THE OF PROPERTIES TWO THE %
===== %

        .nondet is (Statement? ,Name?)cef_property !%

        ,best_predictor)cef_property
        .("error prediction squared expected minimizes CEF the ,variables conditioning the of functions all Among"
        ,orthogonal_deviation)cef_property
        .("assumption by not ,construction by holds  $0 = [Z|eps]E$  with  $eps + [Z|P]E = P$ "

when asks each :010–008 entries for hinge the is property second The %
        .interest of CEF the is object recovered the %
        .(omitted_variable_bias ,orthogonal_deviation)hinge_for
        .(endogeneity ,orthogonal_deviation)hinge_for
        .(identification ,orthogonal_deviation)hinge_for

===== %
ESTIMAND THE DETERMINES SET CONDITIONING :CLAIM CENTRAL %
===== %

        %
sets conditioning different with data same the over regressions Two %
best the only recovers each and ,objects population DIFFERENT target %
        OLS ;(projection linear the) target its to approximation linear %
is Neither .linear is CEF the when exactly itself CEF the recovers %
        .questions different answer they ,wrong %

        ,issue1_model)conditioning_set
        .([cond_score ,view_numeric ,lot_sqft ,gla_sqft]
        ,issue2_model)conditioning_set
        .([remodel_numeric ,cond_score ,view_numeric ,lot_sqft ,gla_sqft]

        .nondet is (ModelB? ,ModelA?)different_estimand !%
        %
and sets variable different on condition models two when True %
.functions expectation conditional different approximate therefore %

        –: (B ,A)different_estimand
        ,(SA ,A)conditioning_set
        ,(SB ,B)conditioning_set
        ,B ==\ A
        ,(Y ,SB)sort ,(X ,SA)sort
        .Y ==\ X

        .on conditions it CEF the to relative ,recovers OLS What %
        .(best_linear_approximation_to_cef)ols_recovers
        .(cef_is_linear)ols_recovers_cef_exactly_when

===== %
FUNCTION GENERATING THE — EXAMPLE WORKED %

```

```

===== %
%
.pl.pacifica_comps_extended/kb/./.. in defined is dataset running The %
for function expectation conditional the IS function generating Its %
.noise no carry data the :exactly ,market constructed the %

(('pacifica_comps_extended/kb/./..')consult)initialization -:
;request on predicates list the and 2/forall loads Prolog Scryer %
below loads guarded The .in built them have Trealla and Prolog-SWI %
.three all in unchanged run file the let %
.((true ,_ ,((lists)library)use_module)catch)initialization -:
.((true ,_ ,((iso_ext)library)use_module)catch)initialization -:

.det is (Price- ,Property+)cef_exact !%
%
to Identical .vector characteristic s'property a at evaluated CEF The %
claim s'entry the make to here named ;file dataset the in 2/true_price %
.galley the in explicit ("CEF the IS function generating the") %

.(Price ,P>true_price -: (Price ,P)cef_exact

.semidet is noiseless_dataset !%
%
every :data the about claim factual central s'entry the Verifies %
residual the so ,property that at CEF the equals price sale observed %
.everywhere zero is %

-: noiseless_dataset
,(P)property)forall
.(( (Price ,P)sale_price ,(Price ,P)cef_exact )

===== %
POINT H COMP THE %
===== %
%
variable-four the under H Comp for residual 455,$46 a reported 1 Issue %
every ,market the as properties eight s'1 issue Taking .model %
so ,property one exactly to belongs vector characteristic variable-four %
deviates H Comp and prices eight all interpolates CEF variable-four the %
fitted the from deviation s'H Comp is 455,46 The .ZERO by it from %
the and — projection linear the — regression LINEAR variable-four %
the Under .hides effect remodel the where is gap CEF-projection %
the and coincide CEF and projection ,specification variable-five %
.vanishes deviation %

.(46455 ,comp_h)issue1_residual

.(Dollars ,Object ,Property)deviation_from %
.(46455 ,four_variable_projection ,comp_h)deviation_from
.(0 ,four_variable_cef ,comp_h)deviation_from
.(0 ,five_variable_cef ,comp_h)deviation_from

-: (0 ,comp_h ,issue2_model)residual_under
,(Price ,comp_h)cef_exact
.(Price ,comp_h)sale_price

.nondet is (Property?)residual_is_artifact_of_specification !%
%
linear a) specification the of property a is residual 1-issue The %

```

property the of not ,(set conditioning smaller a under projection %

–: (P)residual_is_artifact_of_specification
,0 =\= R ,(R ,P)issue1_residual
,(0 ,four_variable_cef ,P)deviation_from
.(0 ,P ,issue2_model)residual_under

===== %
ENCOUNTERS APPRAISER %
===== %

,smoothness)grid_assumption
.("point s'subject the inform points nearby that enough smooth is CEF the assumes all at comparables Using"
,local_linearity)grid_assumption
.("crossed range the over constant roughly is characteristic that in slope s'CEF the assumes linearly Adjusting"
,unbiased_indications)grid_assumption
.("mean conditional same the around draw unbiased an is each assumes indications Averaging"

conditional a of estimator nonparametric a structurally is grid The %
.slopes specified–hand and averaging local using ,mean %
.(conditional_mean_estimator ,sales_comparison_approach)estimator_role

===== %
DEFENSIBILITY %
===== %

,conditioning_set)defensibility_consequence
.("estimate an of precision the merely not ,estimand the changes grid a to variable a Adding"
,ceteris_paribus)defensibility_consequence
.("coordinate one in differing vectors at means conditional comparing means 'equal things other Holding"
,residual_spread)defensibility_consequence
.("precision overstates it without reported estimate point a ;property market a is dispersion Conditional"

.names entry the confusion interval prediction/confidence The %
.("is CEF the where about uncertainty" ,confidence_interval)interval_answers
.("CEF the around prices individual of spread" ,prediction_interval)interval_answers
.(prediction_interval ,confidence_interval)commonly_confused