

欠落変数バイアス (Omitted Variable Bias)

Foundations • The Valuation Engineer

William Bert Craytor • October 1, 2026

Version 1.2.0

DOI: [10.67330/460smg10](https://doi.org/10.67330/460smg10)

形式的定義。 省略変数バイアスとは、価格に影響を与える特徴量がモデルから除外され、かつその除外された特徴量が、モデルに含まれている特徴量の一つと連動している——他の含まれている特徴量が調整された後に、その特徴量と連動して変動する場合に生じる系統的な歪みであり、これを補助回帰（除外された特徴量が含まれている特徴量に対して回帰させる、2 回目の回帰分析）が測定するものである。その結果、除外された特徴量の影響が、含まれている特徴量の係数（モデルが各特徴量に割り当てる単位あたりのドル額）に漏れ込んでしまう。

直観的な説明。 単価が誤っているのは、別の特徴量の値が反映されているためである。第 1 号の Comp H は、記録された 4 つの特徴量に基づく回帰分析による予測値よりも \$46,455 高い価格で売却された。その理由は、第 1 号の 潜在変数で明らかにされたように、最近行われたキッチンのリフォームによるもので、同記事によれば、これにより住宅の価値が約 \$60,000 増加したとのことです。「状態」は特徴量リストに含まれていたが、リフォームに関する記録はなく、リフォームがもたらした価値はデータから欠落していた。その価値が消えたわけではない。販売事例において、その価値がたまたま含まれていた特徴量とセットで現れていたため、それらの特徴量の価格に反映されて支払われたのである。これが起こるためには、2 つの条件が満たされなければなりません。すなわち、欠落した値が価格に影響を与えるものであり、かつリストに含まれる特徴とセットになっていることです。影響を与えるものの、何ともセットになっていない場合、単価は正しく、散布幅が広がるだけです。これは、特徴が 1 つの単価か複数の単価のいずれかを割り当てられるかに関わらず当てはまります：本誌の主要な回帰手法である MARS（多変量適応回帰スプライン、Friedman 1991）は、特徴量の値の範囲ごとに異なる単価を割り当てます。そこでは、借用された値は 1 つの数値に凝縮されるのではなく、それらの範囲全体に分散されますが、同じ理由から、その値は確かに存在しています。

その仕組みを知りたい読者のために。通常の回帰分析において、レートとは係数——モデルが特徴量の 1 単位増加に対して割り当てる金額——であり、借用値の大きさは正確に次のように表されます：除外された特徴量自身の係数に、それが含まれた特徴量とどれほど強く連動するかを示す値（この後者の値は、除外された特徴量が含まれた特徴量に対して行う補助回帰の係数である）を掛けたものとなります。この記事では、この式（線形の場合）について解説し、その後、比較表分析においても同様の「リーク」が生じること、すなわち、鑑定評価者が用いる成対販売データが係数と同様にこの「リーク」を反映していることを示しています。この記事は、市場データから補正値を導き出す鑑定評価者向けに執筆されています。

今号の例が示すもの、そして示さないもの。 エントリー 007（条件付期待値）から 010（パラメータ同定）で使用された、構築されたパンフィカ市場は、従来の評価や第 1 号と同様に、コンディションをドル単価を持つ特徴量として扱っており、この例はその問題点を示している。従来の評価手法は、本誌が採用している RCA（残差制約法）に基づく評価法——第 1 号（Craytor 2026）で取り上げられた「制約アップ」——とは異なります。この手法では、状態や品質を回帰分析の対象から除外します。その方法については、エントリー 007（条件付き期待値）で解説しています。読者は、この例の仕様そのものではなく、そこから得られる教訓を心に留めておくべきである。

「コンディション（状態）」、「コンディション・スコア」、そして「リフォーム」。この 3 つは混同されがちです。コンディションとは、住宅の状態、すなわち内装・外装の摩耗、設備の老朽

化、先送りされてきたメンテナンスの有無などを指します。「コンディション・スコア」とは、定義された市場地域内の周辺住宅の状態と比較して、その状態を評価したものです。これは、鑑定評価者による当該市場地域の理解に基づいており、同じ市場地域で活動する同業の鑑定評価者の見解と著しく矛盾してはなりません。本誌では、0.00 から 10.00 までの範囲で表されます。これは、市場地域内でより状態の悪い住宅の割合を 10 で割った値です。スコアが 5.00 の場合、市場地域内の住宅の半数がそれより劣悪な状態にあることを意味し、9.00 の場合は 10 戸中 9 戸が該当することを意味します。このスコアは推定値であり、同じスコアを持つ 2 軒の住宅でも状態は異なる場合があります。リフォームは、状態でもスコアでもなく、ある出来事、すなわち、直近の一定期間内に実施され、住宅の状態を変えた工事のことを指します。その価値とは、リフォームによって変化した要素——状態、そして通常は品質、建材や仕上げ——に対する、市場が支払う単価に基づいた価値のことです。リフォームの効果の大部分は通常、状態に対して現れ、品質への影響は比較的小さいものです。これは主に人件費によるものですが、リフォームによっては、品質を通じて付加された価値の方が、状態への影響よりも高くなる場合もあります。価値に影響を与える現在のあらゆる特徴が同じであるリフォーム済みの住宅と未リフォームの住宅は、同じ価値を持つべきです。市場が評価するのは、リフォームが行われたという事実そのものではなく、リフォームによって生み出された状態と品質です。したがって、リフォームはそれ自体に価格を持つ特徴ではありません。データセットに、状態スコアに加えてリフォームの指標が含まれている場合、その指標は、モデル内の他の特徴（延床面積、敷地面積、眺望、および状態スコア）では記録されていない、リフォームによってもたらされたあらゆる要素を表している。すなわち、スコアが示す以上の状態、およびデータセットには記録されていない品質である。これが、『潜在変数』誌の「Issue 1」に掲載された、Comp H のリモデリングが「そのバンドル価値に約 \$60,000 を追加する」という記述の解釈であり、本項の例が着目している点でもあります。

バイアスが生じるためには、次の 2 つの条件がともに満たされなければならない。すなわち、除外された特徴量が価格に影響を及ぼしていること、そして、その特徴量が含まれている特徴量のいずれかと連動して変動していることである。いずれかの条件が満たされない場合、バイアスは生じない。

この 2 つの要件が重要となるのは、この規則の一般的な解釈——「重要な変数を省略したモデルは誤った答えを出す」——が、そのままでは誤りだからである。ある特徴量が価格に影響を与えるものの、モデルに含まれるどの特徴量とも連動しない場合、その特徴量はモデル周辺の価格のばらつきを拡大させ、ひいては標準誤差（推定係数が、非常に大きな標本から得られる値からどれほど離れているかを示す指標）を拡大させるが、係数そのものをシフトさせることはない。切片（モデルの定数項）が、除外された変数の平均的な寄与分を吸収する。この場合、失われるのは精度であり、正確性ではない。一方、含まれている変数と連動するが価格に影響を与えない変数は、何のコストも生じない。バイアスが生じるのは、この両方が当てはまる場合のみである。

この仕組みは代入によって成り立っています。価格に影響を与える特徴量が、回帰変数（回帰分析において価格を説明するために用いられる特徴量）から欠落している場合、OLS 回帰（普通最小二乗法）はその特徴量の寄与を単に説明しないままにはしません。欠落している特徴量と連動して変動する、モデルに含まれている特徴量がその特徴量の部分的な代役として機能し、それらの係数は、予測可能な範囲で欠落している特徴量の効果の一部を取り込むことになります。モデルに含まれている特徴量の係数は、もはやその特徴量だけの効果ではなく、その効果に加え、欠落している特徴量の効果の一部を「借り受けた」ものとなります。

バイアスは常に特定の問いに対して相対的なものです。リモデリング指標を含まないモデルの係数は、ある問い——つまり、スコアに関連するすべての要素がそのまま反映された状態で、これらの販売事例において価格がコンディションスコアにどう連動するか——に対する正しい答えです——しかし、補正值がそう解釈するように、他のすべての要素を一定に保った状態で「コンディション・スコア 1 ポイントあたりの市場価格」として読み取ると、それは誤った答えとなる。このモデルが間違っているのは、別の特徴量が存在するからではなく、その係数が用いられた目的に対して不適切であるからである。

借用されたシェアには、ある式によって与えられる正確な大きさがある。除外された特徴量 w の真の係数が β_w である場合、包含された特徴量 z_j の係数におけるバイアスは、

$$\text{bias}(\hat{\beta}_j) = \beta_w \cdot \delta_j,$$

となる。ここで、 $\hat{\beta}_j$ （—ハット記号は推定値を示す—）は、回帰分析によって z_j に対して推定された係数であり、 δ_j は、すべての包含された特徴量に対する w の補助回帰における z_j の係数である。これは、Theil の式¹である。当てはめられた回帰モデルから、除外された特徴量の推定係数を用いて計算すると、これはすべてのサンプルにおいて厳密に成立する。真の係数を用いれば、平均的には成立する。

積の形式は線形の場合である。MARS モデルでは、除外された特徴量の影響は、それと共に含まれる区間のいずれかによって吸収されるため、バイアスは 1 つの係数に集中するのではなく、それらの区間に分散されますが、バイアスは存在しており、その理由は同じです。

この式は、一見したよりも有用です。なぜなら、たとえどちらの要因も測定できない場合でも、市場に関する知識に基づいて両方の要因に符号を割り当てることができる場合が多いからです。除外された特徴量が価格を上昇させ（ $\beta_w > 0$ ）、かつ他の含まれている特徴量との相関が高くなる場合（ $\delta_j > 0$ ）、他の含まれている特徴量を一定に保った状態では、その特徴量の係数は高すぎることになります。両方の関係の向きさえ知っていれば、鑑定評価者は誤差の方向を把握できる。ただし、1 つ注意点がある。 δ_j は、他の含まれている特徴量を一定に保った状態での関係であり、含まれている特徴量が複数ある場合、単純相関（-1 から +1 までの数値で、他のすべての特徴量を無視して 2 つの特徴量がどのように共に上昇・下降するかを測定するもの）は逆の方向になる可能性がある。以下の例では、居住面積はリフォーム指標と相関関係にある（相関係数 +0.09）が、その「 δ 」は負の値を示しており、その結果、係数が過小評価されている。

評価実務で出会う場面。 販売比較表（ ）は、回帰分析と同じ形式の加法モデルとして記述することができます——手作業で選ばれた数少ない特徴量、それぞれに対するドル単位の補正值——そして、その補正值が市場データから抽出された場合、他の回帰分析と同様に、省略変数バイアスの評価対象となります。この比較表の行は、分析に組み込まれた特徴量である。住宅の価格に影響を与えるものの、行として含まれていない特徴量はすべて除外される。

一般的に考慮されない要素としては、コンディションスコアでは把握できない状態の側面や、クオリティスコアが記録されていない物件の品質、間取りの機能性、自然採光、騒音の影響、ブロック内での具体的な位置、売り手の売却意欲、そして物件掲載に注がれたマーケティングの取り組みなどが挙げられます。これらはすべて価格に影響を与える可能性があり、比較表で考慮されている要素と併せて判断されるものです。

リフォームは、記録が残っているにもかかわらず依然として情報が漏れているという点で、参考となる事例です。URAR（統一住宅鑑定報告書）には、キッチンやバスルームが更新またはリフォームされたかどうか、およびその時期が記録されており、UAD（統一鑑定データセット）の状態定義そのものが、更新の程度に基づいて決定されます。しかし、この比較表には「状態」と「品質」の欄はあるものの、「リフォーム」の欄はありません。これは当然のことです。なぜなら、市場における「状態」の評価率が問題となっている場合、「状態」と「品質」の欄がリフォームによる効果をすでに反映しているからです。もし 3 つ目の欄を設ければ、その効果が二重に計上されてしまうことになります。一方で、提案されている改装がこの住宅の価格にどのような影響を与えるかが問題となる場合、状態と品質を固定してしまうと、改装が作用する経路そのものが失われてしまう。項目 009（内生性）はこの問題を取り上げている。この「漏れ」は、スコアが捉えきれていない部分を通じて生じる。最高状態スコアが主に最近リフォームされた物件に集中し、かつリフォームによってスコアには記録されない価値がもたらされる市場において、従来

¹Theil, H. (1957). Specification Errors and the Estimation of Economic Relationships. *Revue de l'Institut International de Statistique*, 25(1/3), 41–51.

の鑑定評価でそれらの売買事例から抽出される状態補正值——ペア販売法や状態を含む回帰分析によるもの——は、その価値も併せて反映してしまう。テイルの公式によれば、その補正值は高くなりすぎる。それは、状態そのものの効果だけでなく、スコアに記録されなかった価値の一部も含まれているからである。この補正值を、維持管理によって最高スコアを獲得した住宅に適用する鑑定評価者は、過大な補正を行ってしまうことになる。『ジャーナル』の「制約アップ」では、状態率（condition rate）は抽出されない。鑑定評価者は、1つの制約条件——残差を構成する各要素の価値の合計が、当該比較事例の残差と等しくなければならない——の下で、各比較事例の残差を、状態、品質、およびデータでは測定できないその他の特徴に、自身の判断に基づいて配分する。その結果、リフォームの価値は、単一の項目として扱われるのではなく、鑑定評価者が適切と判断する箇所に配分されることになる。

先ほど説明した「リーケージ」とは、鑑定評価者たちが市場ベースの補正について抱く異議、すなわち、あるデータセットから導き出された補正值は他のデータセットにはうまく転用できないという点を、より正確に表現したものです。その理由は、抽出された補正值には、特定された効果だけでなく、それに付随する未特定の効果も含まれており、その構成は、抽出元のデータセットにおいて何が何と結びついてきたかによって左右されるためである。

もう一つの例は、従来の鑑定における「ペア販売」——問題となっている特徴以外はすべて同じ2件の販売事例があり、価格差がその特徴の価値として解釈される——が、現実離れたほど高い数値をもたらすという状況です。その原因は測定誤差ではなく、「リーケージ（漏れ）」にある可能性があります。つまり、2つの売買事例は、指定された特徴だけでなく、それに付随する要素においても異なっており、価格差はそれらの両方の要因によるもののなのです。

妥当性の裏づけについての意義。 省略変数バイアスについて論じていない報告書は、そのヘドニック補正および比較表補正が、その批判の対象となる余地を残してしまう。

このバイアスは、当てはめ統計量からは検出できません。あるモデルは、高い R^2 （モデルが再現する価格変動の割合）、小さな残差（売買価格とモデル予測価格の差）、そして通常の統計的検定（係数がゼロである可能性を検証する t 検定）を通過する係数を有していても、それでも、モデルに著しいバイアスが生じている可能性があります。なぜなら、バイアスは残差の大きさではなく、特徴量間の相関関係に起因するからです。 R^2 をモデルの信頼性の証拠として用いても、この疑問には答えられません。以下の例では、 R^2 は 0.97 ですが、条件係数は 74 パーセントも誤っています。

データを増やしても問題は解決しません。 標本サイズが大きくなっても、バイアスは縮小しません。同じ市場から、同じ特徴を省いた状態で 1,000 件の販売データを収集しても、推定値は同じ誤った数値を中心とし、より狭い範囲に収まるだけです。つまり、バイアスのある推定値の周囲で標準誤差が縮小するのですが、これはその周囲に広い信頼区間を設けるよりも悪い結果となります。なぜなら、報告書がより確信に満ちたものに見えてしまうからです。MARS についても同様である。販売件数が増えると、推定曲面はより安定するが、それは同じバイアスのある解の周囲でのことである。地球の varmod 区間は価格のばらつきを測るものであり、バイアスを測るものではない。これは、取引事例が増えればバイアスが縮小し、他の係数は上方バイアスがかかると述べた第 1 号の「潜在変数」の記述を訂正するものである。バイアスは販売件数が増えても縮小せず、第 1 号の 8 件の販売データにおいても、以下の 16 件と同様に、ビュー、GLA、ロットの係数は下方バイアスを示しており、上方バイアスを示しているのはコンディション係数のみである。

バイアスの大きさが不明であっても、その方向性を正当化できることはよくある。従来の評価において、状態補正が成約事例から抽出される場合（成対比較法や、状態変数を組み込んだ回帰分析による場合など）、実務的なアプローチは、その補正が不偏であると断言するのではなく、除外された可能性のある要因を特定し、市場知識に基づいて β_w および δ_j の各要因に符号を割り当て、その結果として生じるバイアスの方向を明示することである。「状態補正はおそらく過大評価されている。高スコアの販売事例の多くは最近リフォームされた物件であり、そのリ

フォームによって、新しいキッチンや内装など、データには記録されていない改良がもたらされた。こうした改良は価格を引き上げ、主に高スコアの販売事例で見られるため、その価値の一部が『状態』として計上されてしまっている」というのは、妥当な説明である。2つの要件はいずれも満たされており、どちらも同じ方向を指し示している。すなわち、データから除外された改良点は価格を引き上げ (β_w は正)、高スコアと関連している (δ_j は正) ため、バイアスは上方である。このような記述は、測定されていない問題を、認識され方向性が示された問題へと変えるものであり、これは読者が結論を評価するためにまさに必要とするものである。制約アップの下では、コンディション単価は抽出されず、コンディションに関する疑問は生じない。

評価計算例。 Pacifica データセットの 16 不動産の拡張版には、各不動産について、総居住面積 (GLA)、敷地面積、眺望、コンディションスコア、確認されたリフォームの有無、および売買価格が記録されています。すべての価格は、ランダムな要素を含まない既知の式から算出されているため (データにはノイズがない)、適切な特徴量を用いた回帰分析ではその式が正確に再現され、そこから生じるいかなる偏差も、ノイズ成分を一切含まないバイアスである。

Comp	GLA (sf)	区画 (平方フィート)	表示	Cond	改装済み	価格 (\$)
A	1,650	9,000	はい	7.00	いいえ	1,425,000
B	1,650	7,200	いいえ	7.00	いいえ	1,280,000
C	1,850	7,500	いいえ	7.00	いいえ	1,407,500
D	1,450	7,000	いいえ	7.00	いいえ	1,155,000
E	1,700	8,000	はい	9.00	いいえ	1,470,000
F	1,550	7,100	いいえ	5.00	いいえ	1,177,500
G	1,700	10,500	いいえ	7.00	いいえ	1,392,500
H	1,600	7,300	いいえ	7.00	はい	1,312,500
I	1,750	8,200	いいえ	9.00	はい	1,465,000
J	1,600	7,600	いいえ	7.00	はい	1,320,000
K	1,900	9,500	はい	9.00	はい	1,687,500
L	1,500	6,800	いいえ	5.00	いいえ	1,140,000
M	1,800	8,800	いいえ	7.00	いいえ	1,410,000
N	1,650	7,400	はい	7.00	いいえ	1,385,000
O	1,550	7,900	いいえ	9.00	はい	1,337,500
P	1,720	9,200	いいえ	5.00	いいえ	1,332,000

取引事例 A~H は第 1 号のもので、掲載されている属性や価格は変更されていません；第 1 号では状態を文章で記述し、回帰分析のために 1~3 のコードを付与していました。本ジャーナルのスコアでは、これらの文章表現は「平均」5.00、「良好」7.00、「極良」9.00 に対応するため、第 1 号の 1 段階は 2 ポイントに相当します。Comp H のリモデリング——第 1 号では残差の原因として開示されていたが、変数としては記録されていなかった——が、今回記録されました。市場では、コンディションの 1 ポイントにつき \$20,000 が支払われます。構築されたデータでは、リフォーム済みの住宅は、同じ GLA、敷地、眺望、コンディションスコアを持つ住宅よりも \$60,000 高く売却されます。この \$60,000 は、リフォームという行為そのものに対する価格ではなく、他の特徴では記録されていない、リフォームがもたらした何らかの価値を表しています。また、リフォーム済みの住宅は平均スコアも高く (8.20 対 6.64)、したがってリフォーム指標は、バイアスが要求する 2 つ目の要素である「状態スコア」と連動して変動します：
 $\text{corr}(\text{remodel}, \text{cond}) = 0.55$ 。

同じ 16 件の不動産を対象とした 2 つの回帰分析：

	「Remodel」は省略されました	リフォーム費用込み	バイアス
インターセプト	-83,923.57	-30,000	-53,923.57
GLA	586.64	600	-13.36
ロット	24.32	25	-0.68
表示	79,178.46	100,000	-20,821.54
条件 (1 ポイントあたり)	34,815.56	20,000	+14,815.56
リフォーム	—	60,000	
R^2	0.9733	1.0000	

リモデルライン上の \$60,000 は、リモデルにかかる価格ではありません。この構築済みデータセットにおいて、これは GLA、敷地、眺望、スコアが等しい条件下で、リモデル指標に付随する価格差を表しています。つまり、これが「生成関数を復元する」という処理によって復元されるものです。

コンディション係数は \$14,816 ポイント高すぎる——コンディション 1 ポイントあたり \$34,816 と報告されているが、市場の数値は \$20,000 であり、74 パーセントの過大評価となっている。ビュー係数は \$20,822 低すぎる。どちらの誤差も当てはめ結果からは見分けがつかない：リモデル指標を含まないモデルの $R^2 = 0.9733$ と残差は、\$35,000 付近の 3 件の売上を除けば、ごく普通に見える。 R^2 や係数の検定結果には、問題を示す兆候は一切見られない（もしこれらの残差がノイズであったなら、すべての係数が通常の 5% 水準でその検定を通過していたはずである）。

Theil の式は、数値を正確に説明している。remodel 指標を 4 つの説明変数で回帰分析すると、 $\delta_{\text{cond}} = 0.24692602$ および $\delta_{\text{view}} = -0.34702564$ が得られる。すると、

$$\beta_w \cdot \delta_{\text{cond}} = 60,000 \times 0.24692602 = 14,815.56, \quad \beta_w \cdot \delta_{\text{view}} = 60,000 \times (-0.34702564) = -20,821.54,$$

となり、観測されたシフトと 1 セント単位で一致する。バイアスは、この式によって近似的に説明されるものではなく、それ自体が式そのものである。ノイズの影響は予想よりも小さい。ノイズを含むデータであっても、この式は（リモデル指標の有無にかかわらず）2 つの当てはめの結果の間で正確に成立する。この際、 β_w の代わりに、指標の推定係数 $\hat{\beta}_w$ を用いる。真の係数と比較しても、多くのサンプルを平均すると成立する。

ビュー係数は、もう一度よく見てみる価値があります。なぜなら、そのバイアスは逆の方向に働き、その理由には示唆に富んでいるからです。他の特徴を一定とすると、このサンプルにおける眺望の良い不動産は、リフォームされる可能性が低い ($\delta_{\text{view}} < 0$)。したがって、眺望係数は上昇するのではなく押し下げられることになる。つまり、\$20,822 低すぎるのに対し、状態係数は \$14,816 高すぎるのである。これら 2 つの誤差は、同じ見落としによる別々の影響であり、互いに転嫁されたものではありません。状態についてのみ推論する鑑定評価者は、景観補正における誤差をまったく予期しなかったでしょう——しかし、21 パーセント過小評価された景観補正は、まさにその同じ見落としによる直接的な結果なのです。

実際には、その損傷は、鑑定評価者が最も見落としがちな場所に集中しています。まず、このバイアスのあるモデルが予測変数としてどのような役割を果たすかを考えてみましょう。Comp N と全く同一で、改装されていない評価対象——1,650 平方フィートの GLA（総賃貸面積）を持ち、7,400 平方フィートの敷地に位置し、眺望があり、コンディションスコアが 7.00 である物件——この物件について、モデルは \$1,386,914 と予測する。一方、エントリー 007（条件付き期待値）の 5 つの特徴式に基づき、まさにこれらの特徴を持つ住宅の真の平均価格は \$1,385,000 であり——リフォーム済みでは = 0——誤差は \$1,914、すなわち 0.14 パーセントとなる。16 件の売却事例全体における典型的な誤差は約 \$21,000 であるため、このモデルは著しくバイアスがかかっているものの、それでも許容範囲内の予測を行っている。これは偶然ではない。OLS は与えられたサンプルに当てはめられ、バイアスのある係数こそが、サンプルの価格に最

も近い値となるからである。予測精度は、省略変数バイアスを否定する証拠にはならず、また、交差検証——適合から除外された販売データを用いてモデルを検証すること——も、それを排除するものではない。良好な交差検証結果 () は、係数にバイアスがないことを示すものではない。なぜなら、モデルが誤って指定されていても、特徴量が当てはめ時と同様に組み合わせる限り、良好な予測が可能だからである。各不動産を順番に除外してみると、2 つの最大の誤差——K における \$56,000 および G における \$48,000——は、このサンプルのパターンに従う不動産に生じている。このパターンでは、高いスコアは主にリフォーム済みの住宅に属している。このパターンを破る E は、約 \$45,000 で 3 位となり、同じくパターンを破る H と J は、約 \$41,000 で 4 位と 5 位にランクインしている。ここでのデータにはノイズが含まれていないため、これらの誤差はすべて除外された「改築」指標に起因しており、ノイズに起因するものは一つもない。ノイズも存在する実際の売買取引においては、誤差の大きさだけでは、それが除外された特徴量に起因するものか、あるいは通常の残差のばらつきに起因するものかを判断することはできない。

この係数が予測ルールとしてではなく、補正值として使用された瞬間に、その弊害が現れます。このモデルから状態補正值を導き出す鑑定評価者は、1 ポイントあたり \$34,816 を適用しますが、市場の数値は \$20,000 — 良好から優秀へと 2 段階補正されたすべての取引事例に対し、\$29,631 も過大評価されている — また、眺望調整については \$79,178 が適用されているが、市場価格は \$100,000 である。比較表とは、回帰分析の係数が 1 つずつ読み取られる場所であり、まさにその読み取り値こそがバイアスによって破壊されるものである。

また、予測は、そのバイアスが構築されているパターンを外れる不動産については、著しく外れてしまいます。本評価対象 (GLA 1,650 平方フィート、敷地面積 7,400 平方フィート) のように手入れの行き届いた住宅であっても、眺望がなく、スコアが「優秀」の 9.00 で、かつ一度もリフォームされていない物件については、\$1,377,367 と算出されています。実際の成約価格は \$1,325,000 であり、\$52,367 (3.95 パーセント) 過大評価されています。これは、これらの成約事例において、スコア 9.00 の物件のほとんどがリフォーム済みであり、当該モデルの「状態」評価には、スコアとともにリフォーム費用の \$60,000 が含まれているためです。評価対象物件とそれ以外は同一であるリフォーム済みの住宅 (眺望あり、スコア 7.00) は、\$1,386,914 で表示されており、\$1,445,000 と比較して、\$58,086 (4.02 パーセント) 過小評価されています。これらは非典型的な不動産であり、鑑定評価者が評価のために特に依頼されることが最も多い不動産であり、評価報告書が最も精査される対象となる不動産です。

References.

- Craytor, W. B. (2026). Residual Constraint Approach (RCA): Framework & Protocol. *The Valuation Engineer*, 1(1). <https://doi.org/10.67330/kgebx46>
- Friedman, J. H. (1991). Multivariate Adaptive Regression Splines. *The Annals of Statistics*, 19(1), 1–67. <https://doi.org/10.1214/aos/1176347963>
- Theil, H. (1957). Specification Errors and the Estimation of Economic Relationships. *Revue de l'Institut International de Statistique*, 25(1/3), 41–51.

Cross-references: conditional expectation; hedonic regression; implicit price; latent variable; endogeneity.

Addendum: Prolog Formalization

The following machine-readable companion (008-omitted-variable-bias.pl) formalizes this entry in the journal's Prolog knowledge base. It is also published as a browsable galley alongside this article.

% SPDX-License-Identifier: AGPL-3.0-or-later

% Copyright (C) 2026 William Bert Craytor. Published by The Valuation Engineer

```

% Journal (Pacific Vista Net). This program is free software: you can
% redistribute it and/or modify it under the terms of the GNU Affero General
% Public License as published by the Free Software Foundation, either version 3
% of the License, or (at your option) any later version. It is distributed
% WITHOUT ANY WARRANTY, without even the implied warranty of MERCHANTABILITY or
% FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE; see the COPYING file beside it or
% <https://www.gnu.org/licenses/agpl-3.0.html>.

%% 008-omitted-variable-bias.pl -- companion to Foundations Vol. 1, Issue 2,
%% Entry 008, Omitted Variable Bias (omitted_variable_bias), v1.2.0.
%% Checks: theil_formula_holds/0 (each bias = beta_omitted * delta_j to the
%% cent); remodel_reading_holds/0 (the remodel indicator's 60,000).

% The dictionary (Issues/tools/dictionary) is not loaded at run time, so
% that the file runs unchanged in Trealla, SWI-Prolog and Scryer. The
% declarations below are plain facts, read by the dictionary linter.
dictionary_release_pinned('dictionary-2026.1').

uses_terms([ omitted_variable_bias, conditional_expectation,
             hedonic_regression, implicit_price, latent_variable,
             multicollinearity, ordinary_least_squares, residual,
             adjustment, comp_selection, paired_sales_analysis,
             sales_comparison_approach, uspap ]).
uses_relations([depends_on/2, related/2, introduced_by/2]).

article_concept(omitted_variable_bias).
article_issue(volume(1), number(2), year(2026)).
article_id('foundations.2026.008').

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

kind(condition,      state).
kind(condition_score, measurement_of(condition)).
kind(quality,       state).
kind(remodel,       event).
changes(remodel, condition).
changes(remodel, quality).

stand_in(remodel_numeric, unrecorded_condition).
stand_in(remodel_numeric, unrecorded_quality).

ovb_condition(affects_outcome,
    "The omitted variable must have a nonzero effect on the outcome.").
ovb_condition(correlated_with_included,
    "The omitted variable must have a nonzero coefficient on at least one included regressor in the
    ↪ auxiliary regression (partial, not merely marginal, correlation).").

biased(BetaOmitted, Delta) :-
    BetaOmitted =\= 0,
    Delta =\= 0.

consequence(affects_but_uncorrelated,
    "Inflates residual variance and widens standard errors; slope coefficients remain unbiased (the
    ↪ intercept absorbs the omitted variable's mean).").

```

```

consequence(correlated_but_no_effect,
  "No cost at all.").

theil_bias(BetaOmitted, Delta, Bias) :-
  Bias is BetaOmitted * Delta.

omitted_variable(remodel_numeric).
omitted_variable_effect(remodel_numeric, 60000).

condition_scale(0.0, 10.0).
condition_score(average, 5.0).
condition_score(good, 7.0).
condition_score(excellent, 9.0).
condition_rate(20000).

coefficient(remodel_omitted, intercept, -83923.571).
coefficient(remodel_omitted, gla_sqft, 586.645).
coefficient(remodel_omitted, lot_sqft, 24.323).
coefficient(remodel_omitted, view_numeric, 79178.461).
coefficient(remodel_omitted, cond_score, 34815.561).

coefficient(remodel_included, intercept, -30000).
coefficient(remodel_included, gla_sqft, 600).
coefficient(remodel_included, lot_sqft, 25).
coefficient(remodel_included, view_numeric, 100000).
coefficient(remodel_included, cond_score, 20000).
coefficient(remodel_included, remodel_numeric, 60000).

aux_slope(intercept, -0.89872625).
aux_slope(gla_sqft, -0.00022259).
aux_slope(lot_sqft, -0.00001129).
aux_slope(view_numeric, -0.34702564).
aux_slope(cond_score, 0.24692602).

model_fit(remodel_omitted, r_squared, 0.9733).
model_fit(remodel_included, r_squared, 1.0000).

observed_bias(R, Bias) :-
  coefficient(remodel_omitted, R, Omitted),
  coefficient(remodel_included, R, True),
  Bias is Omitted - True.

theil_formula_holds :-
  omitted_variable_effect(_, BetaOmitted),
  forall(( observed_bias(R, Observed), aux_slope(R, Delta) ),
    ( theil_bias(BetaOmitted, Delta, Predicted),
      abs(Observed - Predicted) < 0.01 )).

remodel_reading_holds :-
  omitted_variable_effect(remodel_numeric, Beta),
  coefficient(remodel_included, remodel_numeric, Coef),
  abs(Coef - Beta) < 0.01.

reported_bias(cond_score, 14815.56).
reported_bias(view_numeric, -20821.54).

relative_bias(R, Pct) :-
  observed_bias(R, Bias),
  coefficient(remodel_included, R, True),

```

```

True =\= 0,
Pct is 100 * Bias / True.

use_of_coefficients(prediction,
  "Evaluate the whole fitted surface at a point; biases in individual coefficients can offset.").
use_of_coefficients(adjustment,
  "Read one coefficient at a time as an implicit price; bias enters directly and does not offset
  ↪ .").

prediction_check(subject_typical, remodel_omitted, 1386914).
prediction_check(subject_typical, remodel_included, 1385000).

prediction_check(excellent_unremodeled, remodel_omitted, 1377367).
prediction_check(excellent_unremodeled, remodel_included, 1325000).
prediction_check(remodeled_with_view, remodel_omitted, 1386914).
prediction_check(remodeled_with_view, remodel_included, 1445000).

atypical_property_fails_worse(S) :-
  prediction_check(S, remodel_omitted, A),
  prediction_check(S, remodel_included, B),
  abs(A - B) > 50000.

defensibility_consequence(fit_statistics,
  "Bias is undetectable from R-squared or residual size; it lives in the correlation structure,
  ↪ not the residuals.").
defensibility_consequence(sample_size,
  "Bias does not shrink with n; more data gives a tightly estimated wrong number.").
defensibility_consequence(direction_disclosure,
  "Signing beta_omitted and delta_j from market knowledge yields a defensible directional
  ↪ statement even when magnitude is unknown.").

practice_encounter(what_the_scores_miss,
  "Traditional appraisal: a condition adjustment extracted where top scores go with remodels
  ↪ carries their unrecorded value. RCA extracts no condition rate.").
practice_encounter(no_remodel_line,
  "The URAR records kitchen and bathroom updates; the grid has condition and quality lines and no
  ↪ remodel line, rightly: a remodel line would count the same value twice.").
practice_encounter(adjustments_do_not_travel,
  "An extracted adjustment is a composite of the named effect and unnamed effects correlated with
  ↪ it, so it is dataset-specific.").
practice_encounter(implausible_paired_sale,
  "A paired-sales adjustment far larger than cost can reflect leakage from a correlated omitted
  ↪ attribute.").

```