

内生性 (Endogeneity)

Foundations • The Valuation Engineer

William Bert Craytor • October 1, 2026

Version 1.2.0

DOI: [10.67330/z9feps66](https://doi.org/10.67330/z9feps66)

形式定义。 内生性是指：自变量（即回归模型中用于解释价格的特征）与结构误差（即价格减去因果关系所预测的价格值，而非拟合模型的残差）同步变动，从而导致其估计系数无法反映所关注的因果效应。其常见原因包括：遗漏了某个特征、价格对该特征产生反作用、销售数据属于选样集，以及该特征的测量存在误差。

直观说明。 一个比率之所以可能出现偏差，是因为房产特征与价格之间存在相互影响。房屋在市场上待售的天数取决于要价：房产特征在一定程度上是价格的结果，或是导致价格上涨的其他因素（例如市场上涨）的结果，而基于这些销售数据测算出的比率将这两种影响因素混为一谈。仅凭销售数据，没有任何回归模型能够将它们区分开来，无论是将单一率拟合于某个特征的整个范围，还是像 MARS（多变量自适应回归样条，Friedman 1991）那样，在特征的不同区间内采用不同的比率——它需要依赖外部变异源，或者基于销售数据无法验证的假设——因为这种纠缠存在于市场本身，而非计算过程中。估价师所能做的，是了解该特征可能随模型未纳入因素（如下所述）而变化的四种方式，在数据集中识别这些情况，并在将该数据集得出的比率作为“买方为该特征支付的价格”使用之前，确定其中哪一种情况正在起作用。

供希望了解其机制的读者参考。当某个特征与模型中未纳入的变量同步变化时，统计学家将其称为内生特征；该条目给出了该条件的精确表述，并将其归纳为四种来源。统计学文献中提出的解决方案（主要是工具变量法）适用于普通回归分析，但在评估数据中很少能用得上；该条目中也指出了这一点。与解决方案不同，该诊断方法适用于任何拟合方法。

本条目涉及统计学背景，同时也涉及因果推理，因为它探讨了回归系数未能反映估价师所期望的因果效应的情况。本条目旨在面向那些将系数或配对销售调整视为因果陈述的估价师。与条目 008（遗漏变量偏差）类似，该条目使用了构建的帕西菲卡市场，该市场像传统评估一样将房屋状况纳入回归模型；而《期刊》自身的方法——基于 RCA 的评估——则未将房屋状况纳入（参见条目 007，条件期望），因此该示例仅作为对照，而非应遵循的范例。

第 008 条（遗漏变量偏差）所讨论的遗漏变量偏差，不应被视为一种具有独立计算公式的孤立错误类型，而应被视为一种更普遍情况——内生性——的一个例子。

回顾条目 007（条件期望）的分解： $P = E[P | \mathbf{Z}] + \varepsilon$ ，其中 $E[P | \mathbf{Z}]$ 是具有特征 $\mathbf{Z}$ 的房屋的平均价格， ε 表示某套房屋的价格相对于该平均价格的高低偏离程度，因此根据定义 $E[\varepsilon | \mathbf{Z}] = 0$ 。无论特征 $\mathbf{Z}$ 包含哪些特征，此关系对条件期望函数（即该条目中的 CEF）均成立。如果估价师想要的是因果效应——即在房屋的其他所有条件真正保持不变的情况下，拥有景观视野会使价格提高多少——则需要增加一个条件：自变量不得随任何其他影响价格的因素而变化。当其中一个自变量随其他因素变化时，该自变量即为内生变量。将因果关系表示为 $P = \beta_0 + \beta_1 z_1 + \cdots + \beta_k z_k + u$ ，其中每个 β_j 代表特征 z_j 每变化一个单位对价格的影响。其误差项是结构误差，表示为 u ：即价格减去因果关系所预测的应有价格。这与 ε （即与条件均值的偏差）不同，后者根据定义在 $\mathbf{Z}$ 的条件下均值为零； u 可能随自变量变化，而内生性条件正是指这一项。

该术语源于联立方程建模，在该领域中，如果一个变量是在系统内部确定的，而非由外部提供，则被称为“内生变量”。在当前用法中，它具有更机械化的含义： $\text{Cov}(z_j, u) \neq 0$ （Cov，即协方差，衡量两个量如何共同变化）——因变量与结构误差呈同步变化，因此拟合模型（OLS——普通最小二乘回归——或 MARS）无法区分两者的贡献，从而将误差变化的一部分归因于因变量。

造成这种现象的原因有四种，必须将它们区分开来，因为它们需要采取不同的应对措施。

遗漏变量。某个影响价格的特征被遗漏，且其变化趋势与已纳入的特征一致；该特征便成为 u 的一部分，进而导致 $\text{Cov}(z_j, u) \neq 0$ 。条目 008（遗漏变量偏差）即属此类情况，其中“翻新”指标被遗漏。解决方法是测量并纳入该特征，或者推算出该偏差可能取到的最大值和最小值。

同时性。自变量不仅与价格相关，而且部分是由价格引起的，或者与价格共同决定；因果关系是双向的，而由于拟合结果（OLS 或 MARS）并未说明方向，因此返回的是两者的混合。解决方法是使用工具变量——即一个能影响该自变量但与价格无其他关联的变量（此处“工具”指计量经济学意义上的概念，而非法律意义上的正式文件）——或者采用不同的研究设计。

抽样。该样本并非从结论所涉及的房屋中随机抽取的，且房屋能否被纳入样本与其价格有关。解决方法是建立样本抽取过程的模型，或者重新定义结论所针对的群体。

测量误差。该特征的记录不准确——两名检验员的评分可能不同，或者居住面积是直接从记录中获取而非实际测量得出。记录误差成为 u 的一部分，并随记录值一同变化，因此该系数存在偏倚。在教科书中的典型案例——经典测量误差中，该误差与真实值或模型中的其他任何因素均无关——被误测特征的系数会被拉向零。房屋状况残差可能并非如此：其误差可能取决于房屋的实际质量，以及评分者观察到的其他因素。对于此类误差，偏差没有固定的方向。解决方法是改进测量方式，或者对同一套房屋的同一特征进行第二次独立测量，然后由专门针对测量误差设计的方法利用该结果来校正估计值。

这四种机制有一个共同点：增加同类交易的数量并不能消除它们所导致的误差。这是内生性与不精确性（由于交易数量有限而导致的估计值分散）之间最明显的实证区别：随着样本规模的扩大，不精确性会减小，而内生性则不会。

在选择变量之前，先给效应命名。一个特征是否应纳入模型，取决于要估计的是什么，而有两种特征很容易被混淆。第一类是既影响自变量又影响价格的因素：社区内的优质地段（如安静的死胡同、视野开阔的街角）本身就会吸引高成本的翻新改造，并因此推高房价。统计学家将此类特征称为混杂因素。必须将其控制为常量，否则自变量的系数将包含其影响。第二类是自变量作用于价格的传导渠道：翻新通过改善房屋状况和质量来推高价格。这种特征被称为中介变量，将其控制在恒定状态下，可以从回归变量的系数中精确剔除其通过该渠道产生的影响部分。因此，条目 008（遗漏变量偏差）的改造提出了两个不同的问题。在传统评估中，如果问题是市场对房屋状况的估值，那么房屋状况就是自变量（基于 RCA 的评估从不提出这个问题；条目 007 条件期望解释了原因），而翻新仅仅是某些房屋达到当前状况的方式；一旦房屋的状况和质量被完全记录，翻新本身除了带来相应的状况和质量外，便不再具有额外价值；因此，在状况和质量相同的情况下，翻新后的房屋与保养良好的房屋价值相等。如果问题是翻新对特定房屋价格的影响，那么房屋状况和质量就是中介变量，而将它们固定不变的模型回答的是另一个问题——翻新本身（不考虑其产生的房屋状况和质量）的价值是多少，这一价值可能很小，而且无论如何都与翻新带来的总效应是不同的量。“纳入该变量”对于混杂因素是正确的规则，但对于中介变量则是错误的；在明确所需测量的效应之前，二者均无法确定。

估价实务中何处遇到。反向因果关系取决于地理位置。同时性导致的内生性在学校质量问题上得到了很好的体现，这是一个真实存在的问题，而非假设性的问题。如果将房价作为因变量，以学校评级为自变量进行回归分析，系数似乎显示了购房者为学校质量支付了多少溢价。但因果关系也存在反向作用：房价更高的社区拥有更庞大的税基，家长参与度更高且资源更丰富，因此更能吸引和留住教师。学校质量可以推高房价，而更高的房价也能提升学校质量。该系数既未能捕捉到上述任一效应，而是反映了二者混合的影响，具体取决于该市场中这两条传导渠道的相对强度。犯罪率、零售设施密度以及树冠覆盖率等指标也可能呈现同样的双向关系。在每种情况下，该因素既可能是社区房价水平的成因，也可能是其结果。

翻新是一种“处理”，但并非随机分配的。在因果推断的术语中，“处理”是指任何其效果被考察的干预措施，而厨房翻新就是其中之一。难点在于由谁来接受这种处理。许多房主在预期回报将超过成本时才会进行翻新，而这种预期基于他们对自家房屋的了解——这些信息在任何数据集中都未被记录：合理的户型布局、社区内的优越位置、以及能支撑投资的地块。正是这些特质直接推高了房价：它们是翻新工程的混杂因素，且数据集并未测量这些因素。因此，包含翻新指标的模型只

是纠正了该指标的遗漏，而非消除了混杂效应。该指标的系数综合了翻新对价格的影响，以及那些选择翻新的房主所拥有的房屋在记录特征所能解释范围之外的额外价格。纳入该变量消除了遗漏；但并未使该自变量成为外生变量——即与结构误差无关。

已售房产的样本并非随机抽取。有些人是在条件合适或价格诱人的情况下出售房产，而另一些人则是迫于无奈才出售，因此已售房产与未售房产之间可能存在模型无法察觉的差异；当这种差异存在时，已售房产价格中的特殊因素并非随机：前者会将其价格推向一个方向，而困境销售和被迫销售则会将其推向另一个方向。在已售房产中，公平交易和困境销售又各自构成非随机的子群体。每个网格中的每项可比实例均选自这些已售房产。任何估值结论若要推广至未售房产，必须基于对已售房产选择方式的假设，而报告中应明确说明这些假设。

房屋状况评分可能会受到价格的影响。评分旨在衡量房屋的状况，仅此而已；估价师会在得出任何价值结论之前，根据实地勘察对估价对象进行评分。可比实例则是另一回事：它们的残差可能是在已知成交价格后，根据挂牌照片和描述进行的。如果已知价格影响了残差——例如，成交价较高的房屋被解读为保养得稍好一些——那么回归系数就部分成为了结果的函数。这并非房屋状况本身的特征，而是测量过程的缺陷：即结果依赖型测量误差，即价格对残差产生了影响。这属于前文所述的非经典类型，但有一点不同。对于这种将价格偏差部分传递到残差计算中的微调，其方向是已知的：残差会向销售价格所暗示的分数靠拢，而状况系数也会被推高（残差中的其他误差仍可能产生相反的影响）。防范措施在于流程：在查看可比实例的成交价之前，先根据其状况证据对其进行评分，并将每项评分的依据记录在工作文件中。

对结论可辩护性的意义。一个自变量是否为内生变量，取决于论证，而非普通回归所能显示的任何内容。通常用于检验拟合优度的方法——残差图、解释的价格变动比例（ R^2 ）、对拟合后保留的销售额进行模型检验（交叉验证），或是检验系数是否可能为零（显著性检验）——均无法证明自变量是外生的，因为结构误差是不可观测的，其与自变量的关联同样不可观测。虽然存在正式的检验方法——例如豪斯曼检验（Hausman test）通过将常规估计值与通过其他方式获得的估计值进行比较——但这些方法需要工具变量或第二个估计量，也就是说，需要额外假设，而这些假设无法仅凭数据本身进行验证。但总能提供对该机制的合理解释：该自变量为何可能与误差相关、相关方向如何以及相关程度如何。一份合理的报告应阐述这一论点，而非通过刻意回避该问题来暗示其不存在。

要说明系数的实际值，而不是人们希望它是什么。内生自变量的系数是一个真实且定义明确的数值：在将已测特征保持不变的情况下，该特征每单位拟合价格的差异。它并非因果效应。在 16 笔未纳入翻新指标的帕西菲卡房产交易中（条目 008，“遗漏变量偏差”），正确的说法是：“在测量特征保持不变的情况下，这些拥有景观的房屋售价高出 \$79,178”。而说“景观为房产价值贡献了 \$79,178”，则是在断言一种该估计值无法支持的因果关系。前一种说法经得起交叉质询；后一种则不然。

设计胜过估算。当数据组织方式能够打破功能与价格之间的双向影响时——例如比较视线被阻挡前后房产的属性差异，利用学校分区发生变化但住房存量保持不变的分界线，或是将因火灾或洪水等外部事件被迫进行的翻新纳入分析，而非业主自主选择的翻新——每种设计方案仍基于必须加以论证的假设（即同期未发生其他变化，且该边界仅划分学校分配区域），但其假设得到充分论证的设计方案，其辩护性远高于任何基于观测数据的估计量。这就是工具变量文献 在实践层面的论述，其与房产评估的相关性在于：一套精心挑选的可比实例本身即构成一种设计。

估价计算示例。Pacifica 数据集 可以说明内生性问题，但无法解决它，而该数据集之所以无法解决这一问题，正是这篇博文的真正启示。

首先，提出一个问题。假设一位估价师被问及，某栋房屋拟进行的 \$45,000 厨房翻新工程，其费用能否在出售时收回。这是一个关于一栋房屋及其两个价格的问题，而该房屋无法同时拥有这两个价格：翻新后的价格和现状价格， $P_i(1) - P_i(0)$ ，其中 $P_i(1)$ 是房屋 i 翻新后的价格， $P_i(0)$ 是其未翻新时的价格。这并非关于市场对房屋状况的定价问题，而在回答此题时将房屋状况固定不变，将构成上文所述的“中介错误”。

条目 008（遗漏变量偏差）的十六个房产属性带有“翻新”指标，其系数为 \$60,000：这是构建

数据赋予翻新房屋的价格差——\$60,000，比具有相同总可租赁面积（GLA）、地块、景观和状况评分的房屋高出这一数额。这 \$60,000 并非翻新行为本身的价格；它代表着翻新带来的、而其他特征未记录的任何价值。在该构建的数据集中，哪些房屋经过翻新是由作者决定的。翻新指标在构建上属于外生变量，与误差项中剩余的任何因素均无关联——因为误差项中已无其他因素——因此，在该数据集中，\$60,000 代表在记录的房屋状况评分保持不变的情况下，翻新为房价带来的增值；若翻新同时提高了房屋状况评分，则增值额会更高。

现在假设这十六处房产来自实际市场。业主们选择进行翻新，并且假设——这完全合理——那些房屋具有显著的未观测特征（将价格的这一组成部分称为 u ）的业主，比其他方面相似的房屋业主更倾向于进行翻新。随着销售数据不断积累，包含翻新指标的回归模型现在收敛的不是 \$60,000，而是趋近于

$$\hat{\beta}_{\text{remodel}} \xrightarrow{p} \underbrace{60,000}_{\text{what the remodel brought that the other features do not record}} + \underbrace{\frac{\text{Cov}(\tilde{r}, u)}{\text{Var}(\tilde{r})}}_{\text{extra price of the houses selected into remodeling}},$$

其中 $\tilde{r}$ 是装修指标中未被纳入特征所预测的部分，Var（方差）衡量其波动程度，标有 p 的箭头表示“随着成交量的积累，该值会越来越接近”。如果翻新房屋的平均 \$25,000 u 比外观相似的未翻新房屋高出，那么系数将收敛至大约 \$85,000，且无论从同一市场获取多少额外数据，都无法缩小这一超额值。翻新指标——其遗漏项 008（遗漏变量偏差）曾被研究过——现已测算并纳入模型，但该系数仍非因果效应：目前仍被忽略的是 u ，而没有任何数据集记录该指标。

这一区别在实践中具有实际意义。该系数描述的是平均而言那些 经过翻新的房屋，即那些业主认为翻新回报值得的房屋。而待估价的是一栋具体房屋，其业主尚未做出决定，该系数仅在估价对象与那些业主已知情况相似时才适用——而这恰恰是模型无法预见的。如果估价师根据 \$85,000 来回答投资回收期的问题，就会高估回报率；而若基于一个既测量又将翻新所产生的所有状况和质量固定不变的模型来回答该问题，则会低估回报，将其缩减至仅剩翻新本身带来的增量部分——根据第 008 条原则（遗漏变量偏差），这一增量微乎其微甚至为零。这两种情况都将与翻新相关的条件性价格差异误读为翻新本身带来的效果。

因此，对于任何打算从因果角度解读的系数，应提出的诊断性问题并非“模型是否指定得当？”，而是“期望产生什么效应，以及该变量是如何取到这些值的？”如果答案涉及某人做出的选择——而此人能看到模型无法察觉的事物——那么该系数所描述的，与其说是该特征本身，不如说是该选择。

References.

- Friedman, J. H. (1991). Multivariate Adaptive Regression Splines. *The Annals of Statistics*, 19(1), 1–67.
<https://doi.org/10.1214/aos/1176347963>
- Haavelmo, T. (1943). The Statistical Implications of a System of Simultaneous Equations. *Econometrica*, 11(1), 1–12.
- Hausman, J. A. (1978). Specification Tests in Econometrics. *Econometrica*, 46(6), 1251–1271.
- Pearl, J. (2009). *Causality: Models, Reasoning, and Inference* (2nd ed.). Cambridge University Press.
- Wright, P. G. (1928). *The Tariff on Animal and Vegetable Oils*. Macmillan.

Cross-references: omitted variable bias; conditional expectation; parameter identification.

Addendum: Prolog Formalization

The following machine-readable companion (009-endogeneity.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>.

%% 009-endogeneity.pl
%%
%% Prolog companion to Foundations Vol. 1, Issue 2, Entry 009
%% Title: Endogeneity
%% Author: Bert Craytor
%% Concept: endogeneity
%% Version: 1.2.0
%%
%% v1.1.0: the estimand is named before the variables are chosen
%% (confounder vs. mediator); a remodel is a treatment that is not randomly
%% assigned; its 60,000 is the price difference the constructed data
%% attach to a remodel; measurement error attenuates only in the classical case; a rating
%% contaminated by the known price is outcome-dependent measurement error.

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

uses_terms([ endogeneity, omitted_variable_bias,
             conditional_expectation, hedonic_regression,
             latent_variable, residual, comp_selection,
             paired_sales_analysis, adjustment,
             sales_comparison_approach ]).
uses_relations([depends_on/2, related/2, introduced_by/2, formalized_by/2]).

article_concept(endogeneity).
article_issue(volume(1), number(2), year(2026)).
article_id('foundations.2026.009').

local_term(instrument).
local_term(simultaneity).
local_term(selection).
local_term(causal_effect).
local_term(conditional_association).
local_term(treatment).
local_term(confounder).
local_term(mediator).
local_term(estimand).

defining_condition(endogeneity,
    "The regressor is correlated with the model's structural error term.").

mechanism(omitted_variables,
    "A price-affecting variable is excluded and correlates with an included regressor; it now sits
    ↪ inside the error.").
mechanism(simultaneity,
    "The regressor is partly caused by, or jointly determined with, the outcome. Least squares
    ↪ returns a blend of both directions.").

```

```

mechanism(selection,
  "Sample membership is related to the outcome, so the estimated relationship is conditional on
  ↳ being in the sample.").
mechanism(measurement_error,
  "The regressor is recorded with error; the recording error enters the structural error and
  ↳ biases the coefficient. Under classical error (independent of the true value and of everything
  ↳ else) the coefficient is attenuated toward zero; under non-classical error no general
  ↳ direction follows.").

measurement_error_kind(classical,      attenuates_toward_zero).
measurement_error_kind(non_classical,   no_general_direction).
measurement_error_kind(outcome_dependent, toward_the_outcome).
measurement_error_of(condition_rating, non_classical).
measurement_error_of(condition_rating_after_price, outcome_dependent).

remedy(omitted_variables, "Measure and include the variable, or bound the bias.").
remedy(simultaneity,      "Find an instrument, or a design that breaks the loop.").
remedy(selection,        "Model the selection, or redefine the population the conclusion is about
  ↳ .").
remedy(measurement_error, "Measure better, or obtain a second independent measurement of the same
  ↳ characteristic.").

generalizes(endogeneity, omitted_variable_bias).
special_case_of(omitted_variable_bias, endogeneity).

shrinks_with_sample_size(imprecision).

distinguishable_from_imprecision(endogeneity) :-
  \+ shrinks_with_sample_size(endogeneity).

role(confounder, "A cause of both the regressor and the price.").
role(mediator,   "The channel through which the regressor acts on the price.").
include_rule(confounder, include, "Its effect otherwise rides on the regressor's coefficient.").
include_rule(mediator,   exclude, "Holding it fixed leaves only the direct effect, a different
  ↳ quantity from the total effect.").

treatment(remodel).
confounder_of(unobserved_quality_u, remodel, price). % floor plan, micro-location, suitability
mediator_of(condition, remodel, price).
mediator_of(quality,   remodel, price).

estimand(condition_rate,
  "Traditional appraisal: the market's rate for condition, with condition as the regressor; the
  ↳ remodel is how some houses came to their condition and earns no value of its own. RCA-based
  ↳ appraisal never asks this.").
estimand(remodel_total_effect,
  "What a remodel does to a particular house's price: condition and quality are mediators and
  ↳ must not be held fixed.").
estimand(remodel_direct_effect,
  "The remodel's effect apart from the condition and quality it produced: what a model holding
  ↳ those fixed estimates; may be small; not the total effect.").

variable_choice(remodel_total_effect, V, exclude) :- mediator_of(V, remodel, price).
variable_choice(remodel_total_effect, V, include)  :- confounder_of(V, remodel, price).
variable_choice(condition_rate, condition, regressor).

encounter(school_quality, simultaneity,
  "School quality can raise prices and prices can raise school quality via tax base and parental
  ↳ resources; the coefficient then recovers neither effect.").

```

```

encounter(renovation_choice, omitted_variables,
  "A remodel is a treatment that is not randomly assigned: owners remodel when they expect the
  ↪ return to justify it, on qualities u that also raise price. u is a confounder the dataset does
  ↪ not measure, so including the remodel indicator cures the omission of the indicator, not the
  ↪ confounding." ).
encounter(comparable_set, selection,
  "Sold properties are selected: sellers who choose their moment push the price one way,
  ↪ distressed and forced sellers the other; this matters when the selection is related to what
  ↪ the model does not see." ).
encounter(condition_rating, measurement_error,
  "Comparables may be rated from photographs after their sale prices are known; if the known
  ↪ price nudges the rating, the regressor is partly a function of the outcome. For a nudge that
  ↪ carries part of the price deviation into the score, the condition coefficient is pushed upward
  ↪ ." ).
protection(condition_rating,
  "Rate the comparables from the evidence of their condition before looking at the price; record
  ↪ the basis of each rating." ).

bidirectional_with_price(school_quality).
bidirectional_with_price(crime_rate).
bidirectional_with_price(retail_amenity_density).
bidirectional_with_price(tree_canopy).

cures(measuring_the_variable, omitted_variables).

omitted_component(renovation_choice, unobserved_quality_u).
measurable(remodel_numeric).

remains_endogenous_after_inclusion(remodel_numeric) :-
  encounter(renovation_choice, omitted_variables, _),
  omitted_component(renovation_choice, U),
  \+ measurable(U).

coefficient_component(remodel_numeric, what_the_work_produced,
  "60,000: the price difference the constructed data attach to a remodel, holding GLA, lot, view
  ↪ and the condition score fixed; it stands for whatever the remodel brought that the other
  ↪ features do not record." ).
coefficient_component(remodel_numeric, value_of_selected_properties,
  "The unobserved quality of properties whose owners chose to remodel; positive under positive
  ↪ selection, negative under negative selection." ).

coefficient_limit(SelectionDifference, Limit) :-
  Limit is 60000 + SelectionDifference.

consequence(renovation_payback_question,
  "A coefficient from observational data is the conditional association among the properties that
  ↪ were remodeled; it need not equal the causal effect of remodeling the particular subject,  $P_i$ 
  ↪  $(1) - P_i(0)$ ." ).
consequence(two_ways_wrong,
  "Reading the selected coefficient overstates the return under positive selection; reading a
  ↪ model that holds condition and quality fixed understates it, to the direct effect alone." ).

defensibility_consequence(not_from_the_regression_itself,
  "Residual plots, R-squared, cross-validation and significance tests cannot establish exogeneity
  ↪ ; formal tests (Hausman) need an instrument or a second estimator, i.e. assumptions the data
  ↪ cannot check." ).
defensibility_consequence(state_what_it_is,
  "A coefficient on an endogenous regressor is a well-defined conditional association; reporting
  ↪ it as a causal contribution asserts more than the estimate supports." ).

```

```

defensibility_consequence(design_beats_estimation,
    "Breaking the loop in how data are assembled does more than any estimator applied afterward; a
    ↪ well-chosen comparable set is itself a design.>").

design(before_after_view_obstruction).
design(boundary_discontinuity_school_assignment).
design(externally_forced_renovation).

diagnostic_question(
    "What effect is wanted, and how did this variable come to take the values it took? If a chooser
    ↪ could observe what the model cannot, the coefficient describes the choice as much as the
    ↪ characteristic.>").

% Stryer 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)).

```