

GMM

(Generalized Method of Moments)

اقتصادسنجی پیشرفته

استاد: دکتر مهدی معدنچی زاج

دانشجو: سید علی حسینی رنانی

تابستان ۱۴۰۵

بخش اول

یک مسئله واقعی در تحقیقات مالی

آیا ورود پول به صندوق‌ها باعث افزایش بازده می‌شود؟

بخش دوم

چرا OLS پاسخ درستی نمی‌دهد؟

متغیرهای مشاهده نشده

درون‌زایی

تورش ضرایب

بخش سوم

چگونه از اطلاعات جانبی استفاده کنیم؟

ابزارها (IV)

ایده SLS

بخش چهارم

تولد GMM

شرط گشتاوری

منطق آماری روش

تخمین پارامترها

بخش پنجم

GMM در عمل

کاربردها در مالی

آزمون اعتبار ابزارها

بخش ششم

جمع‌بندی

بخش اول

یک مسئله واقعی در تحقیقات مالی

آیا ورود پول به صندوق‌ها باعث افزایش بازده می‌شود؟

یکی از پرسش‌های رایج در حوزه مالی، بررسی رابطه بین ورود سرمایه به صندوق‌های سرمایه‌گذاری و عملکرد آن‌هاست. در نگاه اول به نظر می‌رسد که افزایش ورود سرمایه باید باعث افزایش بازده صندوق شود؛ زیرا ورود منابع مالی جدید، امکان انجام سرمایه‌گذاری‌های بیشتر و بهره‌گیری از فرصت‌های سودآورتر را فراهم می‌کند.

با این حال، بررسی دقیق‌تر نشان می‌دهد که این رابطه لزوماً یک‌طرفه نیست. سرمایه‌گذاران معمولاً تمایل دارند منابع مالی خود را به صندوق‌هایی اختصاص دهند که در گذشته عملکرد مطلوب‌تری داشته‌اند. در نتیجه، صندوق‌هایی که بازده بالاتری کسب کرده‌اند، احتمالاً سرمایه بیشتری نیز جذب خواهند کرد.

بنابراین، دو رابطه به طور هم‌زمان در حال وقوع هستند:

- ورود سرمایه بیشتر می‌تواند موجب افزایش بازده صندوق شود.
- بازده بالاتر صندوق نیز می‌تواند موجب جذب سرمایه بیشتر شود.

به بیان دیگر، مشخص نیست که افزایش بازده ناشی از ورود سرمایه بوده است یا اینکه ورود سرمایه نتیجه عملکرد مطلوب گذشته صندوق بوده است.

در چنین شرایطی، استفاده از رگرسیون معمولی OLS ممکن است به نتایج تورش‌دار منجر شود؛ زیرا یکی از فروض اساسی این روش، یعنی مستقل بودن متغیرهای توضیحی از جمله خطا، نقض می‌شود.

این مسئله نمونه‌ای از پدیده‌ای است که در اقتصادسنجی با عنوان **درون‌زایی (Endogeneity)** شناخته می‌شود و یکی از مهم‌ترین دلایل توسعه روش **Generalized Method of Moments (GMM)** محسوب می‌شود.

بازده بیشتر



ورود سرمایه بیشتر

بخش دوم

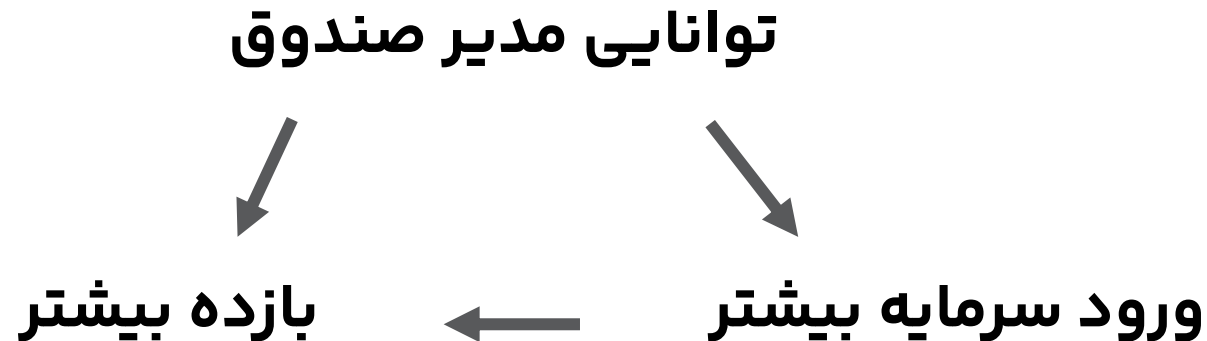
چرا OLS پاسخ درستی نمی‌دهد؟

متغیرهای مشاهده نشده (Unobserved Variables)

فرض کنید هدف پژوهش بررسی تأثیر ورود سرمایه به صندوق‌های سرمایه‌گذاری بر بازده آن‌ها باشد.

در نگاه اول، انتظار می‌رود ورود منابع مالی جدید، امکان انجام سرمایه‌گذاری‌های بیشتر و بهره‌گیری از فرصت‌های سودآورتر را فراهم کند و در نتیجه موجب افزایش بازده صندوق شود. با این حال، عوامل مهم دیگری نیز وجود دارند که اندازه‌گیری آن‌ها دشوار است و معمولاً در داده‌های پژوهش در دسترس نیستند. برای مثال، توانایی مدیر صندوق، کیفیت تصمیمات سرمایه‌گذاری، دسترسی به اطلاعات، اعتبار صندوق و تجربه تیم مدیریت می‌توانند بر عملکرد صندوق اثرگذار باشند.

این عوامل مشاهده نشده معمولاً در جمله خطای مدل قرار می‌گیرند، اما در عین حال می‌توانند بر میزان ورود سرمایه به صندوق نیز اثر داشته باشند؛ زیرا سرمایه‌گذاران تمایل بیشتری به سرمایه‌گذاری در صندوق‌هایی دارند که توسط مدیران توانمند اداره می‌شوند یا سابقه عملکرد مناسبی دارند. در نتیجه، بخشی از تغییری که در بازده صندوق مشاهده می‌شود، ناشی از این متغیرهای مشاهده نشده است و نه صرفاً ورود سرمایه.



درون‌زایی (Endogeneity)

یکی از فروض اساسی رگرسیون OLS این است که متغیرهای توضیحی با جمله خطا همبستگی نداشته باشند.

$$Cov(X, u) = 0$$

در مثال صندوق‌های سرمایه‌گذاری، متغیرهایی مانند توانایی مدیر صندوق، کیفیت مدیریت ریسک و شهرت صندوق قابل مشاهده نیستند و در جمله خطا قرار می‌گیرند. از سوی دیگر، همین عوامل می‌توانند موجب جذب سرمایه بیشتر شوند.

بنابراین متغیر «ورود سرمایه» با جمله خطا همبسته خواهد شد و فرض اساسی OLS نقض می‌شود.

$$Cov(Flow, u) \neq 0$$

این وضعیت در اقتصادسنجی با عنوان درون‌زایی شناخته می‌شود.

در این مثال، درون‌زایی عمدتاً ناشی از متغیرهای حذف‌شده و مشاهده‌نشده است. همچنین ممکن است به دلیل علیت معکوس نیز ایجاد شود؛ زیرا سرمایه‌گذاران معمولاً به صندوق‌هایی که در گذشته بازده بالاتری داشته‌اند، سرمایه بیشتری تخصیص می‌دهند.

تورش ضرایب (Biased Coefficients)

در حضور درون‌زایی، رگرسیون OLS نمی‌تواند تشخیص دهد که افزایش بازده صندوق ناشی از ورود سرمایه بوده است یا ناشی از عواملی مانند توانایی مدیر صندوق و کیفیت مدیریت سرمایه‌گذاری. در نتیجه، بخشی از اثری که در واقع متعلق به متغیرهای مشاهده‌نشده است، به متغیر «ورود سرمایه» نسبت داده می‌شود و ضریب برآورد شده توسط OLS دارای تورش خواهد بود. به عنوان مثال، ممکن است رگرسیون OLS نشان دهد که افزایش یک میلیارد تومان ورود سرمایه، بازده صندوق را به میزان قابل توجهی افزایش می‌دهد، در حالی که بخش مهمی از این اثر در حقیقت ناشی از عملکرد بهتر مدیر صندوق و اعتماد بیشتر سرمایه‌گذاران به آن صندوق بوده است. نکته مهم آن است که این تورش با افزایش حجم نمونه از بین نمی‌رود و حتی با استفاده از داده‌های بسیار بزرگ نیز ضرایب برآورد شده به مقدار واقعی همگرا نخواهند شد.

$$\beta_{ols} = \beta + \frac{Cov(Flow, u)}{Var(Flow, u)}$$

اگر $Cov(Flow, u) = 0 \rightarrow OLS$ بدون تورش است.

اگر $Cov(Flow, u) \neq 0 \rightarrow OLS$ تورش دار است.

این تورش حتی با افزایش حجم نمونه نیز از بین نمی‌رود.

بخش سوم

چگونه از اطلاعات جانبی استفاده کنیم؟

متغیرهای ابزاری (Instrumental Variables)

پس از مشاهده اینکه رگرسیون OLS در حضور درون‌زایی نتایج تورش‌داری ارائه می‌کند، لازم است از اطلاعات دیگری برای جداسازی اثر واقعی ورود سرمایه بر بازده صندوق استفاده شود. این اطلاعات جانبی در اقتصادسنجی متغیر ابزاری (Instrumental Variable) نامیده می‌شوند.

یک متغیر ابزاری مناسب باید دو ویژگی اساسی داشته باشد:

شرط اول: ارتباط با متغیر درون‌زا (Relevance)

متغیر ابزاری باید بر متغیر ورود سرمایه اثرگذار باشد.

$$Cov(Z, Flow) \neq 0$$

شرط دوم: عدم ارتباط با جمله خطا (Exogeneity)

متغیر ابزاری نباید با عوامل مشاهده‌نشده مؤثر بر بازده صندوق ارتباط داشته باشد.

$$Cov(Z, u) = 0$$

مثال در صندوق‌های سرمایه‌گذاری فرض کنید بخواهیم اثر ورود پول به صندوق را بر بازده بررسی کنیم.

نمونه‌هایی از ابزارهای بالقوه عبارت‌اند از:

- ورود پول به کل صنعت صندوق‌های درآمد ثابت
- ورود پول به صندوق در ماه‌های گذشته

این متغیرها می‌توانند بر میزان ورود سرمایه اثرگذار باشند، اما انتظار می‌رود مستقیماً بر عملکرد فعلی مدیر صندوق تأثیر نداشته باشند.

ایده روش دو مرحله‌ای (۲SLS)

پس از یافتن یک ابزار مناسب، می‌توان از روش Two-Stage Least Squares (۲SLS) برای برآورد اثر واقعی ورود سرمایه استفاده کرد.

مرحله اول

در این مرحله، متغیر درون‌زا (ورود سرمایه) با استفاده از ابزارها پیش‌بینی می‌شود.

$$Flow_t = \gamma_0 + \gamma_1 Z_t + \varepsilon_t$$

خروجی این مرحله، مقدار پیش‌بینی‌شده ورود سرمایه است:

$$\widehat{Flow}_t$$

از آنجا که این متغیر تنها بر اساس ابزارها ساخته شده است، انتظار می‌رود دیگر با جمله خطا همبسته نباشد.

مرحله دوم

در مرحله دوم، بازده صندوق بر حسب ورود سرمایه پیش‌بینی‌شده برآورد می‌شود.

$$Return_t = \beta \widehat{Flow}_t + u_t$$

در نتیجه، اثر ورود سرمایه بر بازده بدون تأثیر عوامل مشاهده‌نشده تخمین زده می‌شود.

محدودیت ۲SLS

روش ۲SLS عمدتاً برای حالتی مناسب است که تعداد محدودی ابزار در اختیار باشد. اما در بسیاری از مسائل مالی، پژوهشگر ممکن است چندین ابزار و چندین شرط آماری در اختیار داشته باشد. در این شرایط، روش GMM به عنوان یک چارچوب عمومی‌تر و کاراتر مطرح می‌شود.

پرسش:

اگر چندین ابزار و چندین رابطه معتبر در اختیار داشته باشیم، چگونه می‌توان از همه آن‌ها به طور همزمان استفاده کرد؟

پاسخ:

GMM چارچوبی است که پارامترهای مدل را به گونه‌ای برآورد می‌کند که تمامی شرایط آماری و اطلاعات معتبر موجود در داده‌ها، به بهترین شکل ممکن برقرار شوند.

بخش چهارم

تولد GMM

شرط گشتاوری (Moment Condition)

در اسلایدهای قبل مشاهده شد که برای رفع مشکل درون‌زایی، از متغیرهای ابزاری استفاده می‌شود. یک ابزار معتبر باید با متغیر درون‌زا مرتبط باشد، اما با عوامل مشاهده‌نشده موجود در جمله خطا ارتباطی نداشته باشد.

اگر ابزار واقعاً معتبر باشد، انتظار داریم بین ابزار و خطا رابطه سیستماتیکی وجود نداشته باشد. به بیان آماری، حاصل ضرب ابزار در جمله خطا باید به طور متوسط برابر صفر باشد.

این ایده به صورت زیر بیان می‌شود:

$$E(Zu) = 0$$

که در آن:

Z : متغیر یا مجموعه متغیرهای ابزاری

u : جمله خطا

به این رابطه **شرط گشتاوری (Moment Condition)** گفته می‌شود.

در صورتی که چندین ابزار در اختیار داشته باشیم، برای هر ابزار یک شرط گشتاوری خواهیم داشت.

$$E(Z_1u) = 0$$

$$E(Z_2u) = 0$$

$$E(Z_3u) = 0$$

در واقع، هر ابزار معتبر یک قطعه اطلاعات جدید درباره مقدار واقعی پارامترهای مدل در اختیار پژوهشگر قرار می‌دهد.

منطق آماری روش GMM

منطق آماری GMM را می‌توان با یک مثال ساده درک کرد.

فرض کنید می‌خواهیم وزن یک جسم را اندازه‌گیری کنیم، اما چند ترازو در اختیار داریم که هیچ‌کدام کاملاً دقیق نیستند. با این حال، می‌دانیم اگر مقدار واقعی وزن را درست حدس بزنیم، میانگین خطاهای همه ترازوها باید نزدیک به صفر باشد.

GMM نیز از همین منطق استفاده می‌کند.

اگر مقدار پارامترها به درستی انتخاب شده باشند، ابزارهای معتبر نباید بتوانند خطاهای مدل را توضیح دهند و تمامی شرایط گشتاوری باید تا حد امکان به صفر نزدیک باشند.

به بیان دیگر، GMM پارامتری را انتخاب می‌کند که بیشترین سازگاری را با اطلاعات معتبر موجود در داده‌ها داشته باشد.

روش	ایده اصلی
OLS	حداقل کردن مجموع مربع خطاها
۲SLS	استفاده از متغیرهای پاک‌سازی‌شده
GMM	برقرار کردن همزمان تمام شرایط گشتاوری

OLS تلاش می‌کند خطاها را کوچک کند، اما GMM تلاش می‌کند وابستگی میان ابزارها و خطاها را از بین ببرد.

تخمین پارامترها در GMM

در عمل، امید ریاضی جامعه آماری در اختیار پژوهشگر نیست و تنها داده‌های نمونه مشاهده می‌شوند. بنابراین شرط گشتاوری به صورت میانگین نمونه‌ای نوشته می‌شود.

$$g(\beta) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Z_i u_i(\beta)$$

هدف روش GMM یافتن مقداری برای پارامترهاست که این شرایط گشتاوری تا حد امکان به صفر نزدیک شوند.

برای این منظور، تابع هدف زیر تعریف می‌شود:

$$Q(\beta) = g(\beta)' W g(\beta)$$

که در آن:

$g(\beta)$: بردار شرایط گشتاوری

W : ماتریس وزن دهی

$Q(\beta)$: تابع هدف GMM

روش GMM پارامترها را به گونه‌ای انتخاب می‌کند که مقدار این تابع حداقل شود

$$\hat{\beta}_{GMM} = \arg \min_{\beta} g(\beta)' W g(\beta)$$

تفسیر شهودی

می‌توان تصور کرد که هر شرط گشتاوری، یک خطای کوچک ایجاد می‌کند. GMM تلاش می‌کند پارامتری را پیدا کند که مجموع وزنی این خطاها کمترین مقدار ممکن را داشته باشد.

بخش پنجم

GMM در عمل

کاربردهای GMM در مالی

به دلیل وجود متغیرهای مشاهده نشده، علیت معکوس و پویایی در داده‌ها، روش GMM به یکی از پرکاربردترین روش‌های برآورد در مطالعات مالی تبدیل شده است.

ارزیابی عملکرد صندوق‌های سرمایه‌گذاری

بررسی اثر ورود و خروج سرمایه بر بازده صندوق‌ها

$$Return_{it} = \alpha + \beta Flow_{it} + u_{it}$$

ساختار سرمایه شرکت‌ها

بررسی رابطه بین اهرم مالی و سودآوری

$$Leverage_{it} = \alpha + \beta Profitability_{it} + u_{it}$$

داده‌های پانلی پویا

وجود متغیر وابسته وقفه‌دار

$$Y_{it} = \alpha Y_{it-1} + \beta X_{it} + u_{it}$$

آزمون اعتبار ابزارها

یکی از مهم‌ترین چالش‌های روش GMM، انتخاب ابزارهای مناسب است.

ابزارهای نامعتبر می‌توانند موجب تورش ضرایب و کاهش اعتبار نتایج شوند.

آزمون هانسن (Hansen J-Test)

این آزمون بررسی می‌کند که آیا ابزارهای استفاده‌شده با جمله خطا همبستگی دارند یا خیر.

فرض صفر

$$H_0 : Cov(Z, u) = 0$$

ابزارها معتبر هستند.

فرض مقابل

$$H_1 : Cov(Z, u) \neq 0$$

حداقل یکی از ابزارها نامعتبر است.

تفسیر آماره

نتیجه	مقدار P-value
ابزارها معتبرند	$P > 0.05$
ابزارها نامعتبرند	$P < 0.05$

آزمون اعتبار ابزارها

آزمون سارگان (Sargan Test)

ایده اصلی آزمون

در روش GMM و 2SLS فرض می‌کنیم ابزارهای انتخاب‌شده معتبر هستند؛ یعنی:

- با متغیر درون‌زا همبستگی داشته باشند.

- با جمله خطا همبستگی نداشته باشند.

اما سؤال مهم این است:

از کجا مطمئن شویم ابزارهایی که انتخاب کرده‌ایم واقعاً معتبر هستند؟

منطق آماری آزمون

فرض کنید در مطالعه صندوق‌های سرمایه‌گذاری از سه ابزار استفاده کرده‌ایم:

- ورود پول صنعت در ماه قبل

- ورود پول صنعت در دو ماه قبل

بعد از برآورد مدل GMM، باقیمانده‌های مدل $\hat{u}$ در اختیار ما قرار می‌گیرند.

اگر ابزارها واقعاً معتبر باشند، نباید بتوانند این باقیمانده‌ها را توضیح دهند. یعنی باید داشته باشیم:

$$Cov(Z, \hat{u}) = 0$$

بخش ششم

جمع بندی

در بسیاری از مطالعات مالی، متغیرهای توضیحی با عوامل مشاهده‌نشده، علیت معکوس یا خطاهای اندازه‌گیری در ارتباط هستند. در چنین شرایطی، فروض اساسی رگرسیون OLS نقض شده و ضرایب برآورد شده دارای تورش خواهند بود. روش Generalized Method of Moments (GMM) با بهره‌گیری از متغیرهای ابزاری و شرایط گشتاوری، امکان برآورد سازگار پارامترها را حتی در حضور درون‌زایی فراهم می‌کند. GMM را می‌توان به عنوان تعمیمی بر روش‌های IV و 2SLS در نظر گرفت که قادر است به طور همزمان از چندین ابزار و چندین شرط آماری استفاده کند.

چه زمانی استفاده از GMM توصیه می‌شود؟

- وجود متغیرهای درون‌زا
- وجود متغیرهای مشاهده‌نشده
- وجود متغیر وابسته وقفه‌دار
- ناهمسانی واریانس و خودهمبستگی
- در اختیار داشتن ابزارهای معتبر

موفقیت GMM بیش از هر چیز به انتخاب ابزارهای مناسب بستگی دارد.

ابزارهای نامعتبر می‌توانند منجر به برآوردهای تورش‌دار شوند؛ از این رو استفاده از آزمون‌هایی نظیر Sargan و Hansen برای ارزیابی اعتبار ابزارها ضروری است.

GMM یک روش رگرسیونی جدید نیست، بلکه چارچوبی عمومی برای تخمین پارامترها بر اساس اطلاعات معتبر موجود در داده‌هاست.

پيوسٲ يك

تأثير ورود پول بر بازده صندوق

پیوست یک (تأثیر ورود پول بر بازده صندوق)

فرض کنید هدف پژوهش، بررسی اثر ورود سرمایه به یک صندوق سرمایه‌گذاری بر بازده ماهانه آن باشد. برای این منظور، داده‌های چهار صندوق مطابق جدول زیر در اختیار است.

صندوق	ورود پول (میلیارد تومان)	بازده ماهانه (%)
A	۱۰۰	۱۵
B	۱۵۰	۱۸
C	۲۰۰	۲۲
D	۲۵۰	۲۸

برآورد مدل با استفاده از رگرسیون OLS نشان می‌دهد که به ازای هر یک میلیارد تومان افزایش ورود سرمایه، بازده صندوق به طور متوسط ۰.۰۹ درصد افزایش می‌یابد.

با این حال، فرض کنید متغیر مشاهده‌نشده‌ای به نام توانایی مدیر صندوق وجود داشته باشد. مدیران توانمندتر معمولاً بازده بالاتری ایجاد می‌کنند و در عین حال سرمایه‌گذاران بیشتری را نیز جذب می‌کنند. در نتیجه، بخشی از اثری که به ورود سرمایه نسبت داده می‌شود، در واقع ناشی از توانایی مدیر صندوق است.

پیوست یک (تأثیر ورود پول بر بازده صندوق)

برای رفع این مشکل، از متغیر ورود پول به کل صنعت صندوق‌ها در ماه گذشته به عنوان ابزار استفاده می‌کنیم. اگر این ابزار معتبر باشد، باید با باقیمانده‌های مدل همبستگی نداشته باشد و شرط گشتاوری زیر برقرار باشد.

$$E(Zu) = 0$$

روش GMM مقادیر مختلف پارامتر β را بررسی می‌کند و پارامتری را انتخاب می‌کند که این شرط را تا حد امکان برقرار سازد. در این مثال، برآورد OLS مقدار زیر را پیشنهاد می‌کند:

$$\hat{\beta}_{OLS} = 0.09$$

در حالی که پس از اعمال محدودیت‌های گشتاوری، روش GMM مقدار:

$$\hat{\beta}_{GMM} = 0.115$$

این نتیجه نشان می‌دهد که در حضور متغیرهای مشاهده‌نشده، استفاده از OLS می‌تواند منجر به برآوردهای تورش‌دار شود، در حالی که GMM با استفاده از ابزارهای معتبر، تخمین سازگارتری از اثر واقعی ورود سرمایه بر بازده صندوق ارائه می‌کند.

تفسیر اقتصادی:

بر اساس نتایج GMM، افزایش یک میلیارد تومان ورود سرمایه، به طور متوسط بازده صندوق را حدود **۰.۱۱۵** درصد افزایش می‌دهد. این اثر پس از حذف تأثیر توانایی مدیر صندوق و سایر عوامل مشاهده‌نشده برآورد شده است.

پیوست دو

اجرا در EViews

پيوست دو (آماده‌سازي داده‌ها و معرفي مدل)

در اين مرحله ابتدا داده‌ها در محيط Excel آماده و سپس به نرم‌افزار EViews وارد مي‌شوند. فايل داده شامل متغير وابسته Y، متغير درون‌زا X، متغير برون‌زا Z و ابزار W است. پس از وارد کردن داده‌ها، مدل اقتصادسنجي به صورت زير تعريف مي‌شود:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 Z + \varepsilon$$

در اين مثال فرض مي‌شود که متغير X به دليل همبستگي با جمله خطا داراي مشکل درون‌زايي Endogeneity است؛ بنابراين استفاده از روش حداقل مربعات معمولي OLS منجر به برآوردهاي ناسازگار خواهد شد و لازم است از روش GMM همراه با متغير ابزاري استفاده شود.

ديتاهاي مورد بررسي به صورت رندوم انتخاب شده و به صورت زير مي‌باشند:

ID	Y	X	Z	W
۱	۰.۱۷۰	-۰.۷۹۰	-۰.۰۲۰	-۰.۹۷۰
۲	۰.۷۲۰	۰.۸۱۰	۰.۸۶۰	-۰.۴۷۰
۳	-۰.۷۵۰	-۰.۶۴۰	۰.۱۰۰	-۰.۳۳۰
۴	۰.۰۹۰	-۰.۷۶۰	۰.۹۵۰	-۰.۴۰۰
۵	۰.۷۰۰	-۰.۸۳۰	-۰.۰۷۰	-۰.۵۷۰
۶	۰.۲۹۰	۰.۹۵۰	-۰.۲۴۰	-۰.۷۰۰
۷	-۰.۳۵۰	۰.۶۷۰	-۰.۴۴۰	۰.۶۲۰
۸	۰.۶۹۰	-۰.۰۳۰	-۰.۴۳۰	۰.۹۸۰
۹	۰.۳۱۰	۰.۷۲۰	۰.۵۶۰	۰.۶۳۰
۱۰	۰.۹۹۰	-۰.۸۱۰	-۰.۷۹۰	۰.۸۶۰
۱۱	-۰.۴۲۰	-۰.۵۸۰	-۰.۲۷۰	۰.۹۹۰
۱۲	۰.۵۰۰	۰.۹۳۰	۰.۳۲۰	-۰.۷۶۰
۱۳	-۰.۰۷۰	۰.۳۶۰	-۰.۳۲۰	-۰.۲۷۰
۱۴	۰.۵۳۰	-۰.۹۴۰	-۰.۴۰۰	۰.۴۶۰
۱۵	-۰.۵۹۰	-۰.۵۴۰	-۰.۰۸۰	۰.۶۵۰

پیوست دو (اجرای مدل GMM در EViews)

پس از وارد کردن داده‌ها به محیط EViews، ابتدا از مسیر Quick → Estimate Equation یک معادله جدید ایجاد می‌شود و فرم مدل اقتصادسنجی در قسمت Equation Specification وارد می‌گردد. برای مثال معادله به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 Z + \varepsilon \longrightarrow y \text{ c } x \text{ z}$$

در ادامه، روش تخمین از Least Squares (OLS) به Generalized Method of Moments (GMM) تغییر داده می‌شود. انتخاب این روش زمانی ضروری است که یکی یا چند متغیر توضیحی دارای مشکل درون‌زایی Endogeneity باشند و در نتیجه فروض کلاسیک OLS برقرار نباشد.

در مرحله بعد، ابزارها Instrumental Variables معرفی می‌شوند. ابزارها باید با متغیر درون‌زا همبستگی کافی داشته باشند، اما با جمله خطای مدل همبسته نباشند. در این مثال، متغیرهای C، W و Z به عنوان ابزار انتخاب می‌شوند؛ زیرا W نقش ابزار برای متغیر درون‌زا X را ایفا می‌کند و Z نیز به عنوان یک متغیر برون‌زا، خود یک ابزار معتبر محسوب می‌شود. سپس نوع Weight Matrix مشخص می‌شود.

در داده‌های سری زمانی معمولاً از ماتریس HAC (Newey–West) استفاده می‌شود تا اثر ناهمسانی واریانس و خودهمبستگی احتمالی جملات خطا اصلاح شود، در حالی که در سایر کاربردها ممکن است از ماتریس White یا سایر گزینه‌ها استفاده شود.

Equation Estimation

Specification Options

Equation specification
Dependent followed by regressors, AR and PDL terms, OR an explicit equation.
y c x z

Instrument list
c w z
☒ Include a constant

Estimation weighting matrix
HAC (Newey-West) [v]
HAC options

Weight updating
N-Step Iterative [v]
Number of iterations: 1

Estimation settings
Method: GMM - Generalized Method of Moments [v]
Sample: 1 15

OK Cancel

پیوست دو (تفسیر نتایج و ارزیابی اعتبار مدل)

ضرایب متغیرها:

ضریب متغیر X برابر $1/126$ برآورد شده که نشان می‌دهد با افزایش یک واحد در X ، متغیر وابسته Y به طور متوسط حدود $1/126$ واحد افزایش می‌یابد، اما این اثر از لحاظ آماری معنی‌دار نیست ($\text{Prob.} = 0/77$) ضریب متغیر Z نیز منفی و برابر $-0/423$ است که نشان‌دهنده رابطه معکوس Z با Y است، اما باز هم این اثر در سطح اطمینان معمول (۵٪) معنی‌دار نمی‌باشد. ($\text{Prob.} = 0/77$) ضریب ثابت C نیز $0/291$ برآورد شده ولی با احتمال $0/533$ ، معنی‌دار نیست. به عبارت دیگر، هیچ‌یک از متغیرهای توضیحی در این مدل تأثیر معنی‌داری بر Y ندارند.

کیفیت کلی برآورد:

مقدار **R-squared** منفی ($-2/10$) نشان می‌دهد که مدل به شدت ضعیف عمل کرده و حتی توانایی توضیح پراکندگی متغیر وابسته را ندارد (در روش GMM، R-squared لزوماً به معنای OLS نیست و می‌تواند منفی باشد، اما همچنان نشانه عدم برازش مناسب است). R-squared تعدیل‌شده نیز منفی و برابر $-2/61$ است که این ضعف را تأیید می‌کند.

مقدار **آماره دوربین-واتسون** ($2/06$) نزدیک به ۲ است که نشان می‌دهد مشکل خودهمبستگی در باقیمانده‌ها وجود ندارد.

آماره J (آزمون سارگان-هانسن) برابر صفر است که بسیار غیرمعمول است و معمولاً زمانی رخ می‌دهد که تعداد ابزارها با تعداد ضرایب برابر باشد.

Equation: UNTITLED Workfile: GMM::Gmm\				
View	Proc	Object	Print	Name
Freeze	Estimate	Forecast	Stats	Resids
Dependent Variable: Y				
Method: Generalized Method of Moments				
Date: 07/10/26 Time: 10:56				
Sample: 1 15				
Included observations: 15				
Linear estimation with 1 weight update				
Estimation weighting matrix: HAC (Bartlett kernel, Newey-West fixed bandwidth = 3.0000)				
Standard errors & covariance computed using estimation weighting matrix				
Instrument specification: C W Z				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.290836	0.453095	0.641889	0.5330
X	1.126233	3.727216	0.302165	0.7677
Z	-0.423254	1.434812	-0.294989	0.7730
R-squared	-2.101037	Mean dependent var		0.187333
Adjusted R-squared	-2.617877	S.D. dependent var		0.527846
S.E. of regression	1.004000	Sum squared resid		12.09620
Durbin-Watson stat	2.063677	J-statistic		0.000000
Instrument rank	3			