انشان رایانه

نحوه انجام تحلیل مسیر

تحلیل مسیر را می توان به دو شیوه انجام داد:

روش تفکیک

در این روش مدل مفهومی پژوهش به چندین زیر مدل قطعه قطعه می شود به نحوی که در هر زیر مدل تنها یک متغیر وابسته قابل تعریف باشد.

سپس رگرسیون های متعدد ساده یا چندگانه خطی برحسب تعداد متغیرهای مستقل در هر زیر مدل اجرا می شود و نتایج خروجی ها در مدل اصلی تجمیع می شود.

این روش با نرم افزار رایج SPSS قابل انجام است.

ایراد این روش کاهش قابلیت اعتبار مدل به دلیل قطعه قطعه شدن آن است.

تنها شاخص برازش مدل در این روش ضریب تشخیص است. در این روش به تعداد متغیرهای درون زا، رگرسیون اجرا می شود.

روش یکپارچه

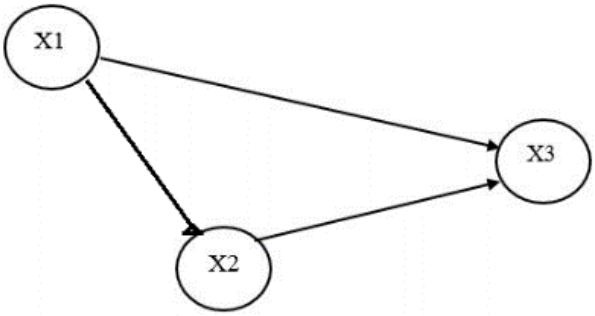
در این روش یکپارچگی مدل مفهومی حفظ شده و مدل به صورت یکجا و یکپارچه آزمون می شود.

این روش با استفاده از نرم افزارهای معادلات ساختاری از جمله LISREL قابل انجام است.

شاخص های برازش مدل در این روش بیشتر بوده و نتایج قابل اعتمادتر است.

تحلیل مسیر با spss

مثال ۱



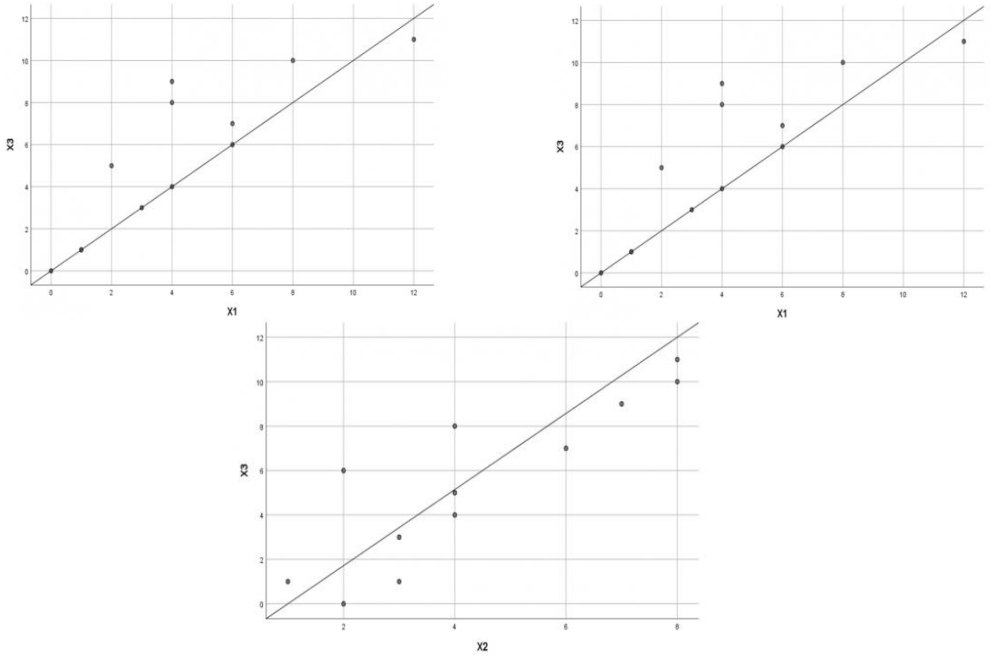
فرض کنیم محققی بر اساس چارچوب نظری مدلی علی به صورت نمودار مسیر روبرو ارائه کرده است که نشان می‌دهد دو متغیر مستقل X۱ و X۲ بر متغیر وابسته X۳ اثر علی دارند. همچنین متغیر X۱ بر متغیر X۲ نیز اثر علی دارد. داده‌هایی برای سنجش متغیرهای نمودار مسیر از نمونه‌ای احتمالی از جمعیتی معین به شرح زیر است.

X3	X2	X1
۰	۲	۰
۱	۱	۱
۱	۳	۱
۳	۳	۳
۴	۴	۴
۵	۴	۲
۶	۲	۶
۷	۶	۶
۸	۴	۴
۹	۷	۴
۱۰	۸	۸
۱۱	۸	۱۲
۶۵	۵۲	۵۱

مرحله ۱ وارسی مفروضات

هر سه متغیر X۱و X۲ و X۳ کمی‌اند (فرض اول).

نمودار پراکنش متغیر وابسته X۳ بر حسب متغیر X۱ رابطه آنها خطی است. نمودار پراکنش متغیر X۳ بر حسب متغیر X۲ رابطه آنها خطی است. نمودار پراکنش متغیر درونزاد X۲ با متغیر برونزاد X۱ رابطه آنها خطی است (فرض دوم).



جمع‌پذیری روابط را نیز مفروض می‌گیریم. فرض یکطرفه‌بودن جریان علیت در متغیرها نیز مبتنی بر استدلال نظری محقق است (فرض سوم).

همبستگی E۳ که باقیمانده رگرسیون خطی X۱ با X۲ و X۳است با E۲ که باقیمانده رگرسیون خطی X۲ با X۱ است صفر است (فرض چهارم).

Correlations

		E3	E2
E3	Pearson Correlation	1	.000
	Sig. (2-tailed)		1.000
	N	12	12
E2	Pearson Correlation	.000	1
	Sig. (2-tailed)	1.000	
	N	12	12

مرحله ۲ تحلیل‌های رگرسیون خطی

تحلیل مسیر مثال ۱ مستلزم دو تحلیل (معادله) رگرسیون خطی است:

۱. رگرسیون خطی متغیر وابسته X۳ با دو متغیر مستقل X۱ و X۲

مقدار همبستگی مشاهده شده در جدولCoefficients زیر ستون Standardized coefficients همان ضریب مسیر رابطه علی دو متغیر است. برای نمونه در این مثال جدول زیر بدست آمده است:

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients B	Unstandardized Coefficients Std. Error	Standardized Coefficients Beta	t	Sig.
1	(Constant)	-.180	1.000		-.180	.861
	X1	.519	.222	.475	2.338	.044
	X2	.782	.315	.504	2.482	.035

a. Dependent Variable: X3

$$X_3 = -۰/۱۸۰ + ۰/۵۱۹\, X_1 + ۰/۷۸۲\, X_2$$

$$\text{آماره آزمون} = \frac{\text{ضریب بتای استاندارد نشده}}{\text{خطای استاندارد}}$$

هر دو متغیر مستقل با متغیر وابسته دارای رابطه معنادار هستند

۲. رگرسیون خطی متغیر مستقل درونزاد X۲ با متغیر مستقل X۱

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients B	Unstandardized Coefficients Std. Error	Standardized Coefficients Beta	t	Sig.
1	(Constant)	2.044	.768		2.662	.024
	X1	.539	.144	.764	3.750	.004

a. Dependent Variable: X2

$$X_2 = ۲/۰۴۴ + ۰/۵۳۹\, X_1$$

دو متغیر با هم رابطه معنادار دارند.

مرحله ۳ نتیجه‌گیری درباره برازندگی مدل

هرگاه ضرایب رگرسیون تمام رگرسیون‌های خطی معنادار بود (سطح معناداری آنها مساوی ۰/۰۵ یا کمتر بود) و همبستگی متغیرهایی که در نمودار مسیر رابطه‌ای با هم ندارند صفر شد نمودار مسیر با واقعیت (داده‌های جمعیتی معین) انطباق دارد.

این بدان معناست که مدل علی محقق برازنده آن جمعیت است. به عبارت دیگر نمودار مسیر دارای برازندگی است و باید میزان برازندگی آن را مشخص کرده و ضرایب مسیر مدل را وارد نمودار مسیر کنیم.

اما چنانچه ضریب رگرسیون یکی از متغیرهای مستقل در یکی از تحلیل‌های رگرسیون‌های خطی معنادار نبود یا بین متغیرهایی که در نمودار مسیر رابطه‌ای با هم ندارند همبستگی وجود داشت نمودار مسیر با واقعیت انطباق ندارد و فاقد برازندگی در جمعیت مورد آزمون تأیید نمی‌شود.

شاخص برازندگی مدل علی

در تحلیل مسیر ضریب تعیین مشخص می‌کند که یک مدل علی نظری دارای برازندگی، چقدر با واقعیت (داده‌ها) انطباق دارد. از این رو ضریب تعیین رگرسیون خطی متغیر وابسته با متغیرهای مستقل شاخص برازندگی مدل علی نظری به شمار می‌آید.

مبین آن است که چه نسبتی از تغییر کل متغیر وابسته ناشی از مجموعه متغیرهای مستقل است. حداکثر مقدار ضریب تعیین یک و حداقل آن صفر است. هر چه مقدار ضریب تعیین به یک نزدیک‌تر باشد برازندگی مدل علی نظری بیشتر است.

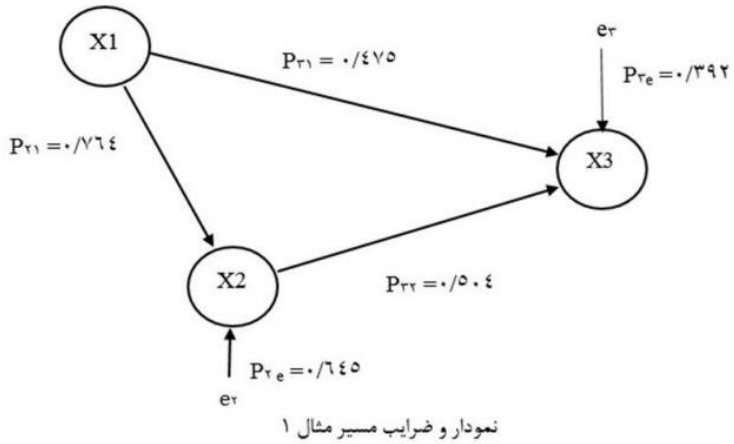
Model Summary[b]

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.920[a]	.846	.811	1.608

a. Predictors: (Constant), X2, X1

b. Dependent Variable: X3

نمودار مسیر مثال ۱ دارای برازندگی بود. بنابراین ضریب تعیین رگرسیون خطی متغیر وابسته آن با متغیرهای مستقل بیانگر میزان برازندگی آن نمودار مسیر است. در این مدل ضریب تعیین رگرسیون خطی متغیر وابسته X۱ و X۲ حدود ۰/۸۵ است که نشان می‌دهد اگر روابط علی بین متغیرها وجود داشته باشد ۰/۸۵ از تغییر متغیر وابسته X۳ ناشی از متغیرهای مستقل X۱ و X۲ است.



نمودار و ضرایب مسیر مثال ۱

ضریب مسیر p_{31} مبین ضریب رگرسیون استاندارد متغیر مستقل X۱ با متغیر وابسته X۳ و ضریب مسیر p_{32} مبین ضریب رگرسیون استاندارد متغیر مستقل X۲ با متغیر وابسته. X۳

ضریب مسیر باقیمانده Residual Path Coefficient

ضریب مسیر باقیمانده ضریب مسیر عوامل ناشناخته است. عوامل ناشناخته هم متغیرهایی هستند که مدل علی آنها را در بر نگرفته است. ترسیم آنها در نمودار برای نشان دادن سهم عوامل ناشناخته در متغیر معلول یا نسبتی از تغییر متغیر معلول است که در مدل علی تبیین نشده باقی مانده است. عوامل ناشناخته متغیر معلول X_j را با نماد e_j و ضریب مسیر آن را با نماد P_{je} نشان می‌دهیم. P_{je} عبارت است از:

$$P_{je} = \sqrt{۱ - R_j}$$

که در آن R_j ضریب تعیین مقدار معلول X_j است.

به عنوان مثال ضریب مسیر باقیمانده متغیر X۳ با توجه به این که مقدار ضریب تعیین رگرسیون X۳ با دو متغیر مستقل X۱ و X۲ معادل ۰/۸۴۶ است عبارت است از:

$$P_{۳e} = \sqrt{۱ - ۰/۸۴۶} = ۰/۳۹۲$$

و ضریب مسیر باقیمانده متغیر X۲ با توجه به این که مقدار ضریب تعیین رگرسیون آن متغیر با متغیر X۱ معادل ۰/۵۸۴ است عبارت است از:

$$P_{۲e} = \sqrt{۱ - ۰/۵۸٤} = ۰/٦٤٥$$

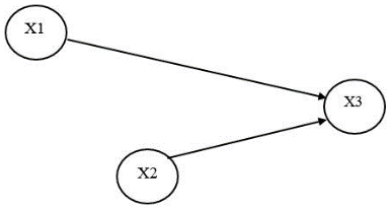
Model Summary[b]

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.764[a]	.584	.543	1.614

a. Predictors: (Constant), X1

b. Dependent Variable: X2

مثال ۲



فرض کنیم محققی بر اساس چارچوب نظری و استدلال نظری یک مدل علی به صورت نمودار مسیر زیر ارائه کرده است که نشان می‌دهد دو متغیر مستقل X۱ و X۲ بر متغیر وابسته X۳ اثر علی دارند و بین متغیر X۱ و X۲ رابطه‌ای وجود ندارد.

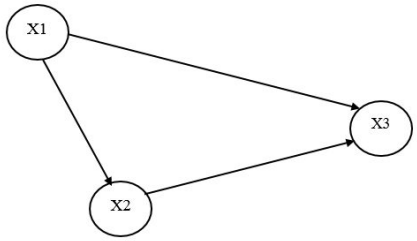
حال اگر همان داده‌های مثال ۱ را برای آزمون نمودار مسیر به کار ببریم چون بین دو متغیر مستقل X۱ و X۲ همبستگی وجود دارد. نمودار مسیر مذکور با واقعیت انطباق ندارد و فاقد برازندگی در جمعیت مورد آزمون است. به عبارت دیگر این نمودار مسیر در این آزمون تأیید نمی‌شود.

Correlations

		X1	X2
X1	Pearson Correlation	1	.764**
	Sig. (2-tailed)		.004
	N	12	12
X2	Pearson Correlation	.764**	1
	Sig. (2-tailed)	.004	
	N	12	12

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

مثال ۳



فرض کنیم محققی بر اساس چارچوب نظری و استدلال نظری یک مدل علی به صورت نمودار مسیر روبرو ارائه کرده است که نشان می‌دهد دو متغیر مستقل X۱ و X۲ بر متغیر وابسته X۳ اثر علی دارند. همچنین متغیر X۱ هم بر متغیر X۲ اثر علی دارد. وی داده‌های مقتضی برای سنجش متغیرهای نمودار مسیر را نیز از نمونه‌ای احتمالی از جمعیتی معین گردآوری کرده است .

X3	X2	X1
۰	۱	۰
۱	۱	۱
۱	۲	۱
۲	۲	۰
۳	۱	۳
۴	۱	۴
۵	۱	۲
۶	۱	۶
۷	۲	۳
۹	۲	۴
۱۰	۲	۶
۱۱	۲	۲
۵۹	۱۸	۳۲

انشان رایانه

تحلیل رگرسیون خطی متغیر وابسته X۳ با دو متغیر مستقل X۱ و X۲ نشان می‌دهد هر دو متغیر مستقل رابطه معناداری با متغیر وابسته دارند. اما تحلیل رگرسیون خطی متغیر مستقل درونزاد X۲ با متغیر مستقل X۱ نشان می‌دهد بین آن دو رابطه‌ای وجود ندارد.

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		
		B	Std. Error	Beta	t	Sig.
1	(Constant)	-3.457	2.389		-1.447	.182
	X1	1.171	.352	.647	3.325	.009
	X2	3.500	1.389	.490	2.519	.033

a. Dependent Variable: X3

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		
		B	Std. Error	Beta	t	Sig.
1	(Constant)	1.500	.266		5.641	.000
	X1	.000	.080	.000	.000	1.000

a. Dependent Variable: X2

در اینجا نمودار مسیر مذکور با واقعیت انطباق ندارد چون فرض شده بود متغیر X۱ بر متغیر X۲ اثر علی دارد. بنابراین مدل مذکور فاقد برازندگی در جمعیت مورد آزمون است. به عبارت دیگر نمودار مسیر مثال ۳ در این آزمون تأیید نمی‌شود.

اثرات متغیرهای مستقل

در مدل علی نظری دارای برازندگی می‌توان اثرات مختلف تک تک متغیرهای مستقل بر متغیر وابسته را نیز مشخص کرد: اثر مرتبه صفر و اثر مستقیم و اثر غیرمستقیم و اثر کاذب و اثر خالص

اثر مرتبه صفر

اثر مرتبه صفر یک متغیر مستقل بر متغیر وابسته همبستگی آن دو متغیر بدون به حساب آوردن سایر متغیرهای نمودار مسیر است. به عبارت دیگر اثر مرتبه صفر متغیر مستقل بر متغیر وابسته همان همبستگی آن دو متغیر است.

در تحلیل مسیر، اثر مرتبه صفر یک متغیر مستقل بر متغیر وابسته به سه اثر جداگانه تقسیم می‌شود: اثر مستقیم و اثر غیرمستقیم و اثر کاذب.

اثر مستقیم

در نمودار مسیر، اثر مستقیم یک متغیر، اثر بی‌واسطه آن متغیر بر متغیر دیگری است و مقدار آن همان ضریب مسیر دو متغیر است.

اثر غیر مستقیم

در نمودار مسیر، اثر غیرمستقیم تأثیر متغیری بر متغیری دیگر از طریق متغیر یا متغیرهای رابط است. متغیر رابط هم متغیری است که هم متأثر از متغیر علت است و هم مؤثر بر متغیر معلول. مقدار اثر غیرمستقیم از ضرب کردن ضرایب مسیری که در آن مسیر غیرمستقیم قرار دارند به دست می‌آید.

به عنوان مثال متغیر مستقل X۱ از طریق متغیر مستقل X۲ بر متغیر وابسته X۳ اثر غیرمستقیم دارد. مقدار این اثر غیرمستقیم عبارت است :

$$P_{۲۱} \times P_{۳۲} = ۰/۷۶۴ \times ۰/۵۰۴ = ۰/۳۸۵$$

اما متغیر مستقل X۲ بر متغیر وابسته X۳ اثر غیرمستقیم ندارد. به عبارت دیگر اثر غیرمستقیم متغیر مستقل X۲ بر متغیر وابسته X۳ صفر است.

انشان رایانه

اثر کاذب

در نمودار مسیر اثر کاذب یک متغیر مستقل بخشی از اثر آن متغیر بر متغیر وابسته است که ناشی از تأثیر متغیر یا متغیرهای دیگر مدل بر هر دو متغیر است.

به عنوان مثال اثر کاذب متغیر مستقل X۲ بر متغیر وابسته X۳ ناشی از اثر متغیر مستقل X۱ است زیرا هر دو متغیر X۲ و X۳ متأثر از آن متغیرند.

اما متغیر مستقل X۱ اثر کاذبی بر متغیر وابسته X۳ ندارد زیرا در آن نمودار مسیر هیچ متغیری وجود ندارد که هر دو متغیر متأثر از آن باشند. یک متغیر مستقل برونزاد فاقد اثر کاذب است زیرا طبق تعریف متغیر مستقل برونزاد در یک نمودار مسیر متغیری است که هیچ متغیری بر آن تأثیر ندارد.

اثر خالص

اثر خالص یک متغیر مستقل عبارت است از اثر آن بر متغیر وابسته بعد از برداشتن اثر سایر متغیرهای مؤثر برآن.

به عنوان مثال اثر خالص متغیر مستقل X۲ بر متغیر وابسته X۳ اثر متغیر X۲ بعد از برداشتن اثر متغیر مستقل X۱ از روی x۲ است که همان همبستگی نیمه جزیی دو متغیر X۲و X۳ با کنترل متغیر X۱ است. این همبستگی نیمه جزیی ۰/۳۲۵ است. این بدان معناست که اثر خالص متغیر مستقل X۲ بر متغیر وابسته X۳ معادل ۰/۳۲۵ است.

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients			Correlations		
		B	Std. Error	Beta	t	Sig.	Zero-order	Partial	Part
1	(Constant)	-.180	1.000		-.180	.861			
	X1	.519	.222	.475	2.338	.044	.860	.615	.306
	X2	.782	.315	.504	2.482	.035	.867	.637	.325

a. Dependent Variable: X3

در نمودار مسیر اثر خالص متغیر مستقل برونزاد بر متغیر وابسته همان همبستگی مرتبه صفر آن است زیرا متغیر مستقل برونزاد در یک نمودار مسیر متغیری است که هیچ متغیری بر آن تأثیر ندارد. به عنوان مثال اثر خالص متغیر مستقل برونزاد X۱ بر متغیر وابسته X۳ همان همبستگی مرتبه صفر آن است که معادل ۰/۸۶۰ است.

کاربرد مجذور اثر خالص

در نمودار مسیر مجذور اثر خالص یک متغیر مستقل نسبتی از تغییر متغیر وابسته است که آن متغیر مستقل به تنهایی تبیین می‌کند و اگر قائل به رابطه علی بین آن دو باشیم نسبتی از تغییر متغیر وابسته است که ناشی از آن متغیر مستقل است.

اثر خالص متغیر مستقل X۲ بر متغیر وابسته X۳ معادل ۰/۳۲۵و اثر خالص متغیر مستقل X۱ معادل ۰/۸۶۰ است ضریب تعیین عبارت است از:

$$R^2 = (۰/۸۶۰)^2 + (۰/۳۲۵)^2 = ۰/۸۴۶$$

که معادل مقدار ضریب تعیین رگرسیون خطی متغیر X۳ با متغیرهای X۱ و X۲ است.

کاربرد اثرات متغیرهای مستقل در تحلیل مسیر

در تحلیل مسیر تعیین اثرات مختلف تک تک متغیرهای مستقل اساساً برای مقایسه تأثیر متغیرهای مستقل بر متغیر وابسته است.

با مقایسه اثرات مستقیم معلوم می‌شود کدام متغیر مستقل بیشترین یا کمترین اثر مستقیم را بر متغیر وابسته دارد. با مقایسه اثرات غیرمستقیم مشخص می‌شود کدام متغیر مستقل بیشترین یا کمترین اثر غیرمستقیم را بر متغیر وابسته دارد. یا کدام متغیر مستقل بیشترین یا کمترین اثر کاذب را دارد.

اما از همه مهمتر مقایسه اثرات خالص است که نشان می‌دهد هر متغیر مستقل چه نقشی در متغیر وابسته دارد. به ویژه مجذور اثرات خالص حائز اهمیت است که نشان می‌دهد هر متغیر مستقلی چه نسبتی از تغییر وابسته را تبیین می‌کند.

ماتریس اثرات

با تهیه ماتریس اثرات با سهولت می‌توان به ارزیابی و مقایسه اثرات مختلف متغیرهای مستقل پرداخت. به عنوان مثال در ماتریس اثرات نمودار مسیر می‌بینیم همبستگی مرتبه صفر و اثر مستقیم متغیر مستقل X۲ اندکی بیشتر از متغیر مستقل X۱ است. اما متغیر مستقل X۱ اثر غیرمستقیمی بر متغیر وابسته دارد در حالی که متغیر مستقل

X۲ اثر غیرمستقیم ندارد. در عوض X۲ دارای اثر کاذب بر متغیر وابسته است در حالی که متغیر مستقل X۱ اثر کاذب ندارد.

مقایسه اثرات خالص نشان می‌دهد اثر خالص متغیر مستقل X۱ بر متغیر وابسته به مراتب بیشتر از اثر خالص متغیر مستقل X۲ است. مجذور اثر خالص متغیر مستقل X۱ بر متغیر وابسته که ۰/۷۴۰ است حدود هفت برابر مجذور اثر خالص متغیر مستقل X۲ است که فقط ۰/۱۰۶ است. این بدان معناست که سهم متغیر مستقل X۱ در تبیین متغیر وابسته حدود هفت برابر سهم متغیر مستقل X۲ است.

ماتریس اثرات متغیرهای نمودار مسیر (R^2 = ۰/۸۴۶)

متغیر مستقل	اثر مرتبه صفر	اثر مستقیم	اثر غیر مستقیم	اثر کاذب	اثر خالص	مجذور اثر خالص
X1	۰/۸۶۰	۰/۴۷۵	۰/۳۸۵ = ۰/۵۰۴ × ۰/۷۶۴	۰/۰۰۰	۰/۸۶۰	۰/۷۴۰
X2	۰/۸۶۷	۰/۵۰۴	۰/۰۰۰	۰/۳۶۳	۰/۳۲۵	۰/۱۰۶
کل						۰/۸۴۶