

Vector Autoregression (VAR) of Longitudinal Sleep and EMA Mood Data

Jeff Brozena

BROZENA@PSU.EDU

Editor: Could use one

Abstract

Self-tracking is one of many behaviors involved in the long-term self-management of chronic illnesses. As consumer-grade wearable sensors have made the collection of health-related behaviors commonplace, the quality, volume, and availability of such data has dramatically improved. This exploratory longitudinal N-of-1 study quantitatively assesses four years of sleep data captured via the Oura Ring, a consumer-grade sleep tracking device, along with self-reported mood data logged using eMood Tracker for iOS. After assessing the data for stationarity and computing the appropriate lag-length selection, a vector autoregressive (VAR) model was fit along with Granger causality tests to assess causal mechanisms within this multivariate time series. Oura's nightly sleep quality score shown to Granger cause self-reported presence of depressed mood using a VAR(3) model.

1 Introduction

Long-term self-management of chronic illnesses such as bipolar disorder require an awareness of illness state over varying time scales (???). Self-tracking technologies have dramatically improved the quality of information that can be used to maintain awareness.

In the context of this specific illness, a volume of prior work has demonstrated the role of sleep quality as a leading indicator of mood stability (Harvey et al., 2009; Murray and Harvey, 2010; Gruber et al., 2011).

Following four years of consistent tracking, I sought to interpret those trends statistically to quantify what I had previously intuited: that a given mood state could be understood by looking back at recent sleep trends.

	Value
Total nights	1455
Missing nights	1
Mean	73.82
SD	12.36
Max	97.00
Min	30.00

Table 1: Descriptive statistics of Oura Ring sleep score data

Aliquam tristique, sem id venenatis pellentesque, elit ante auctor arcu, ac commodo tellus ante vel massa. Praesent placerat tristique tellus sed elementum. Etiam vehicula dolor non libero blandit, eu scelerisque felis pulvinar. Ut ac bibendum ante. Integer consequat, nisi in placerat dictum, nibh tellus feugiat est, id tristique risus magna venenatis lectus. Nulla viverra nulla mi, in feugiat velit pharetra dictum. Proin id viverra mauris. Morbi a pellentesque nisl, at volutpat ligula. Donec tristique facilisis felis, et euismod mauris. Suspendisse ac massa quis augue pharetra vestibulum ac

EMA Categories	Count
irritable	100
anxious	88
depressed	103
elevated	48

Table 2: Count of days where EMA item contains a non-zero value

ut mi. Phasellus efficitur dignissim nisl. Vivamus ornare ex vel dui rutrum convallis. Sed nec urna fermentum augue facilisis ultricies.

Bose et al. (2017) (Moshe et al., 2021) (Jafarlou et al., 2023)

Pellentesque finibus, felis ut ullamcorper pretium, sem risus tempor risus, ac vestibulum nibh est eu eros. Nunc ut nibh aliquam, tincidunt nulla nec, ultricies ante. Quisque in neque dui. Phasellus tincidunt pretium condimentum. Sed blandit, orci et dictum dapibus, nisi elit maximus urna, vel varius risus velit at nulla. Fusce malesuada sem vel neque suscipit maximus. Morbi id sem non dolor molestie elementum. Proin a ultricies ex. Nulla at sapien mattis, lacinia quam eu, placerat sapien. Vestibulum eget iaculis sapien. Morbi urna ligula, sagittis in orci ac, rutrum fermentum tortor. Mauris at eros sit amet enim vulputate bibendum ut eget tellus.

2 Methods

Nam eu varius lacus. Aliquam ultricies diam id nibh vehicula consectetur. Nullam euismod felis a aliquam iaculis. Quisque nibh enim, varius a porta lacinia, lobortis vel nisl. Vestibulum molestie nunc et luctus dapibus. Phasellus eget lectus id ligula sollicitudin consequat et a nunc. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per confaubia nostra, per inceptos himenaeos. Praesent eros magna, tempor vitae justo condimentum, consectetur fermentum magna. Praesent commodo mauris non massa pulvinar, vitae blandit sem eleifend. Vivamus varius eu nisi in volutpat. Aliquam scelerisque nunc vel orci euismod suscipit.

In gravida dictum turpis sit amet luctus. Quisque congue, est eget porttitor malesuada, justo tellus consectetur tortor, eu suscipit ante lectus eget odio. Ut eget euismod eros, vitae mollis ante. Cras eleifend fringilla ante quis placerat. Morbi dignissim ante lectus, at facilisis nunc eleifend id. Sed felis risus, venenatis sit amet massa id, porta finibus velit. Fusce mattis faucibus ante quis blandit. Phasellus iaculis rutrum quam, id iaculis augue cursus nec. Curabitur eu velit sapien. Phasellus ligula lacus, cursus a felis a, aliquam dapibus massa. Nulla sollicitudin viverra elementum. Nulla facilisi. Etiam felis augue, consectetur vitae commodo placerat, aliquet sed nulla. Nunc urna libero, eleifend nec aliquet fringilla, vehicula nec tortor.

Donec scelerisque, nisl laoreet viverra euismod, lacus sem ultrices felis, vel suscipit justo est eu nisl. Phasellus consequat aliquam ultrices. Cras eleifend tortor vel tortor convallis, ac imperdiet metus accumsan. Aenean condimentum vehicula sapien eget molestie. Maecenas a ultricies est. Duis congue posuere nunc pharetra iaculis. Donec lacinia nisl turpis, ac bibendum lorem dictum ut. Pellentesque elementum faucibus urna in ultricies. Nunc at ullamcorper mi, ut pellentesque mauris.

Nunc quis laoreet odio. Maecenas sit amet leo pharetra, venenatis risus a, auctor diam. Quisque nulla ligula, accumsan ac convallis sed, facilisis eu tortor. Vestibulum euismod arcu at est porttitor eleifend eget sit amet eros. Mauris felis eros, mollis vitae ornare id, congue non leo. Integer posuere elit nulla, et sagittis ante sagittis ut. Suspendisse potenti. Nulla vestibulum varius mauris at gravida. Duis sed ante a velit congue faucibus. Donec efficitur eros ac lorem euismod aliquam. Ut pharetra, urna vitae sagittis ultrices, ante augue rutrum velit, non tincidunt urna arcu et neque. Cras eleifend posuere nibh vel rutrum. Fusce eu purus dignissim, egestas dolor quis, congue est.

2.1 Dataset Description

Nam eu varius lacus. Aliquam ultricies diam id nibh vehicula consectetur. Nullam euismod felis a aliquam iaculis. Quisque nibh enim, varius a porta lacinia, lobortis vel nisl. Vestibulum molestie nunc et luctus dapibus. Phasellus eget lectus id ligula sollicitudin consequat et a nunc. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per confaubia nostra, per inceptos himenaeos. Praesent eros magna, tempor vitae justo condimentum, consectetur fermentum magna. Praesent commodo mauris non massa pulvinar, vitae blandit sem eleifend. Vivamus varius eu nisi in volutpat. Aliquam scelerisque nunc vel orci euismod suscipit.

Nam eu varius lacus. Aliquam ultricies diam id nibh vehicula consectetur. Nullam euismod felis a aliquam iaculis. Quisque nibh enim, varius a porta lacinia, lobortis vel nisl. Vestibulum molestie nunc et luctus dapibus. Phasellus eget lectus id ligula sollicitudin consequat et a nunc. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per confaubia nostra, per inceptos himenaeos. Praesent eros magna, tempor vitae justo condimentum, consectetur fermentum magna. Praesent commodo mauris non massa pulvinar, vitae blandit sem eleifend. Vivamus varius eu nisi in volutpat. Aliquam scelerisque nunc vel orci euismod suscipit.

2.2 Vector Autoregression

(Perktold et al., 2023)

(Lütkepohl, 2005)

Pellentesque est dolor, porttitor sed est at, interdum elementum diam. Sed bibendum enim ante. Sed vestibulum diam at arcu tincidunt, quis aliquet dui lobortis. Donec ultricies ipsum ac eros sodales, et placerat massa suscipit. Etiam luctus arcu quis blandit auctor. In ultricies nisi dignissim enim finibus, sit amet fringilla dolor facilisis. Donec sit amet lectus eu lorem porta vehicula. Cras vel ex vehicula, fermentum mi sed, aliquet ante. Maecenas gravida odio eget mi iaculis, non scelerisque tortor ornare.

Nam eu varius lacus. Aliquam ultricies diam id nibh vehicula consectetur. Nullam euismod felis a aliquam iaculis. Quisque nibh enim, varius a porta lacinia, lobortis vel nisl. Vestibulum molestie nunc et luctus dapibus. Phasellus eget lectus id ligula sollicitudin consequat et a nunc. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per confaubia nostra, per inceptos himenaeos. Praesent eros magna, tempor vitae justo condimentum, consectetur fermentum magna. Praesent commodo mauris non massa pulvinar, vitae blandit sem eleifend. Vivamus varius eu nisi in volutpat. Aliquam scelerisque nunc vel orci euismod suscipit.

Nam eu varius lacus. Aliquam ultricies diam id nibh vehicula consectetur. Nullam euismod felis a aliquam iaculis. Quisque nibh enim, varius a porta lacinia, lobortis vel nisl. Vestibulum molestie nunc et luctus dapibus. Phasellus eget lectus id ligula sollicitudin consequat et a nunc. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per confaubia nostra, per inceptos himenaeos. Praesent eros magna, tempor vitae justo condimentum, consectetur fermentum magna. Praesent commodo mauris non massa pulvinar, vitae blandit sem eleifend. Vivamus varius eu nisi in volutpat. Aliquam scelerisque nunc vel orci euismod suscipit.

2.3 Granger Causality

Nunc eget risus nec odio commodo feugiat nec ac arcu. Maecenas laoreet lorem ut mi tristique ultricies. Maecenas lacinia fermentum euismod. Praesent quis ornare urna. Orci varius natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Nunc non ornare risus. Nunc vulputate risus a dapibus eleifend. Aenean justo lacus, dignissim eget gravida sed, laoreet eu neque. Vivamus volutpat risus non ligula feugiat sollicitudin. Ut nec porttitor ipsum.

Nulla lobortis neque blandit dui tristique placerat. Cras a tempor leo, nec vulputate libero. Vivamus efficitur ipsum sit amet enim pretium, eget consequat turpis luctus. Aenean mattis velit vitae odio lobortis, ut sodales augue posuere. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus

et malesuada fames ac turpis egestas. Vestibulum ac accumsan eros, a mattis lacus. Sed in lectus felis. Fusce quis dui odio. Integer tincidunt vitae tortor a tempus. Nam venenatis eros rutrum quam tristique finibus. Nullam varius vel massa at iaculis. Morbi condimentum, loremh non tempus auctor, mauris arcu tempus libero, ac venenatis odio enim at odio. Maecenas egestas sit amet lorem in aliquet. Aenean nec eros ante.

2.4 Impulse Response Analysis

Nulla lobortis neque blandit dui tristique placerat. Cras a tempor leo, nec vulputate libero. Vivamus efficitur ipsum sit amet enim pretium, eget consequat turpis luctus. Aenean mattis velit vitae odio lobortis, ut sodales augue posuere. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Vestibulum ac accumsan eros, a mattis lacus. Sed in lectus felis. Fusce quis dui odio. Integer tincidunt vitae tortor a tempus. Nam venenatis eros rutrum quam tristique finibus. Nullam varius vel massa at iaculis. Morbi condimentum, loremh non tempus auctor, mauris arcu tempus libero, ac venenatis odio enim at odio. Maecenas egestas sit amet lorem in aliquet. Aenean nec eros ante.

Nunc eget risus nec odio commodo feugiat nec ac arcu. Maecenas laoreet lorem ut mi tristique ultricies. Maecenas lacinia fermentum euismod. Praesent quis ornare urna. Orci varius natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Nunc non ornare risus. Nunc vulputate risus a dapibus eleifend. Aenean justo lacus, dignissim eget gravida sed, laoreet eu neque. Vivamus volutpat risus non ligula feugiat sollicitudin. Ut nec porttitor ipsum.

3 Results

Nullam non risus augue. Nunc commodo pharetra eros, non condimentum sem ultrices ut. Nunc pharetra enim eget commodo pharetra. Pellentesque ultricies placerat bibendum. Donec ligula ex, rhoncus vitae finibus eget, malesuada in massa. Nam porta varius ex ac ullamcorper. Vivamus eget neque sit amet ex semper elementum. Aliquam erat volutpat. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Morbi semper ultricies ex, in eleifend erat congue a. Nunc et venenatis sapien. Aliquam vel lectus scelerisque, pellentesque enim ac, sagittis erat. Praesent molestie, velit eget pretium venenatis, est nisl rutrum orci, ut placerat leo odio in nulla. Sed bibendum nunc libero, in vestibulum metus hendrerit at.

3.1 Stationarity, Decomposition, and Autocorrelation

Sed ut lobortis ligula. Nunc vel justo cursus, consequat lectus vel, accumsan libero. Etiam lectus nisl, varius in feugiat nec, varius id ligula. Fusce scelerisque pharetra nisl. Maecenas in finibus nisl, in sagittis dolor. Fusce dictum cursus condimentum. Nullam posuere mauris vel odio pulvinar auctor. Nullam ante tellus, semper non scelerisque et, faucibus quis urna. Duis pulvinar metus vel eleifend aliquet. Aenean cursus nunc vitae porttitor malesuada.

Sed ut lobortis ligula. Nunc vel justo cursus, consequat lectus vel, accumsan libero. Etiam lectus nisl, varius in feugiat nec, varius id ligula. Fusce scelerisque pharetra nisl. Maecenas in finibus nisl, in sagittis dolor. Fusce dictum cursus condimentum. Nullam posuere mauris vel odio pulvinar auctor. Nullam ante tellus, semper non scelerisque et, faucibus quis urna. Duis pulvinar metus vel eleifend aliquet. Aenean cursus nunc vitae porttitor malesuada.

Sed ut lobortis ligula. Nunc vel justo cursus, consequat lectus vel, accumsan libero. Etiam lectus nisl, varius in feugiat nec, varius id ligula. Fusce scelerisque pharetra nisl. Maecenas in finibus nisl, in sagittis dolor. Fusce dictum cursus condimentum. Nullam posuere mauris vel odio pulvinar auctor. Nullam ante tellus, semper non scelerisque et, faucibus quis urna. Duis pulvinar metus vel eleifend aliquet. Aenean cursus nunc vitae porttitor malesuada.

SLEEP AND MOOD

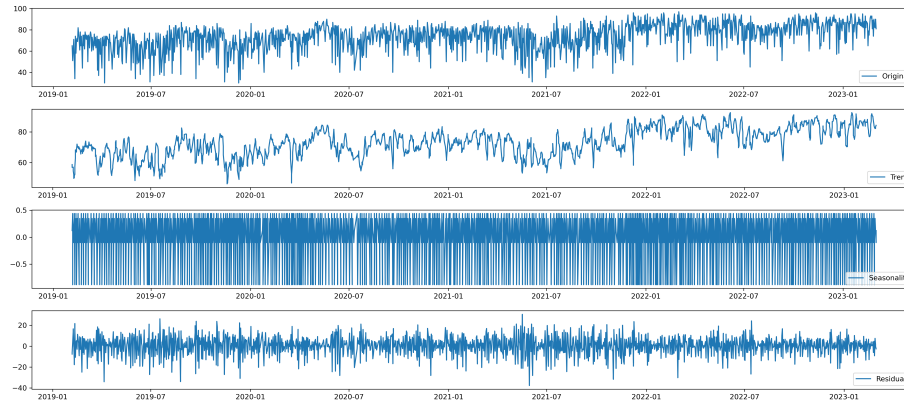


Figure 1: Decomposition of sleep time series

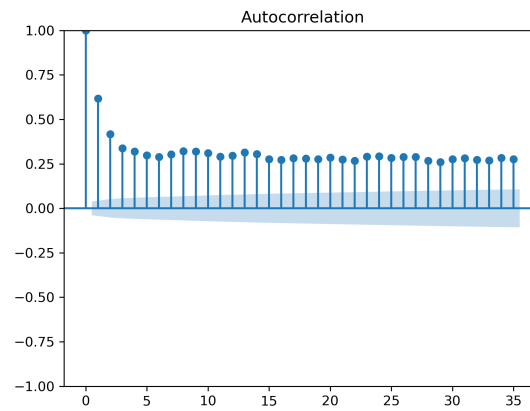


Figure 2: Autocorrelation of sleep time series

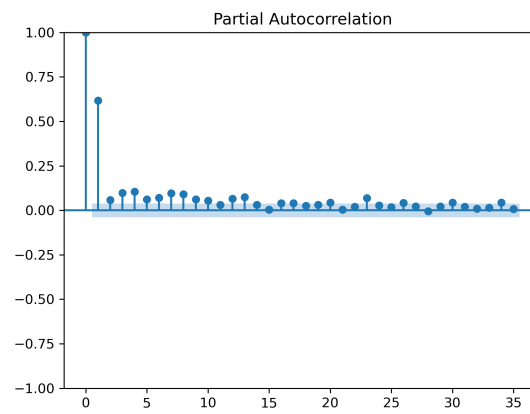


Figure 3: Partial autocorrelation of sleep time series

3.2 Lag Order Selection

In congue tristique fermentum. Morbi eleifend tortor justo, sed iaculis ante posuere vitae. Quisque sagittis ex sit amet mi sollicitudin tempor vel in ligula. Morbi porta tincidunt diam, non accumsan lorem maximus eget. Orci varius natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Sed ut tristique leo, eu facilisis massa. Maecenas sed nibh hendrerit, rutrum ipsum sit amet, tempus velit. Ut venenatis dolor nisi, vel egestas est convallis ut. Nulla facilisi. Aenean vestibulum malesuada eleifend. Sed pulvinar elementum maximus. Fusce vulputate justo vel est accumsan luctus. Nulla rhoncus nisi at lacus scelerisque, et pharetra elit interdum. Donec non ante ac nulla commodo euismod a et neque.

	AIC	BIC	FPE	HQIC
0	7.314	7.342	1501.	7.325
1	6.080	6.279*	436.9	6.155*
2	6.035	6.404	417.7	6.175
3	6.028*	6.568	414.9*	6.233
4	6.055	6.765	426.1	6.324
5	6.056	6.936	426.6	6.390
6	6.066	7.118	431.2	6.465
7	6.071	7.293	433.3	6.534
8	6.104	7.496	447.6	6.631
9	6.131	7.694	460.4	6.724
10	6.130	7.863	459.6	6.787
11	6.129	8.032	459.5	6.851
12	6.158	8.232	473.0	6.944
13	6.177	8.421	482.2	7.028
14	6.201	8.616	494.2	7.117
15	6.213	8.798	500.3	7.193

Table 3: VAR Order Selection (* highlights the minimum)

Cras pretium imperdiet sem id euismod. In blandit pharetra urna. Integer molestie eleifend ex, nec tincidunt sapien ullamcorper sit amet. Fusce dictum purus elit, ut sagittis diam viverra nec. Vestibulum erat felis, placerat ac ligula eu, dictum lacinia lacus. Maecenas mollis augue sem, sit amet tincidunt ex fringilla ac. Pellentesque vel metus ipsum. Sed sit amet nisi vitae tellus consectetur vulputate. Proin aliquam quam at purus tincidunt, ut pharetra ante posuere. Morbi viverra lacinia leo, ac malesuada eros aliquam vitae. Vivamus vitae nisl dictum, laoreet nisi sed, dapibus odio.

3.3 Vector Autoregression Model

Sed id feugiat tortor. Duis arcu lorem, rutrum ut nunc quis, bibendum mollis metus. In pulvinar ut mauris in malesuada. Curabitur eu massa aliquam, laoreet dui maximus, porta tellus. Aliquam erat volutpat. Proin quis lectus nisl. Mauris sagittis bibendum elit eu accumsan. Aliquam ut dui faucibus, dictum magna id, venenatis metus. Mauris ex mi, tempor vel nunc eu, placerat placerat nunc. Cras facilisis varius bibendum. Sed sollicitudin vel sem in maximus. Aenean aliquam sem ac arcu lacinia, vitae bibendum mauris malesuada. Praesent ac imperdiet erat. Maecenas tincidunt sed sem ac porta. Phasellus in justo orci.

Vestibulum sit amet faucibus purus. Proin ornare nisi et purus pellentesque mollis. Mauris aliquet metus sed sem blandit, quis accumsan justo blandit. Donec vitae lectus commodo, placerat tellus sed, interdum ex. Suspendisse potenti. Suspendisse tincidunt, enim in convallis sollicitudin,

	coefficient	std. error	t-stat	prob
const	33.675538	2.896460	11.626	0.000
L1.score	0.507601	0.031112	16.315	0.000
L1.average_hrv	-0.050172	0.022424	-2.237	0.025
L1.anxious	-0.078201	0.494593	-0.158	0.874
L1.depressed	0.615468	0.457538	1.345	0.179
L1.irritable	-0.015195	0.457422	-0.033	0.973
L1.elevated	-0.150473	0.729563	-0.206	0.837
L2.score	-0.020902	0.034834	-0.600	0.548
L2.average_hrv	-0.027687	0.022370	-1.238	0.216
L2.anxious	0.178654	0.540249	0.331	0.741
L2.depressed	1.427585	0.490653	2.910	0.004
L2.irritable	-0.634113	0.500474	-1.267	0.205
L2.elevated	-0.164427	0.771205	-0.213	0.831
L3.score	0.117166	0.031157	3.760	0.000
L3.average_hrv	-0.023210	0.022319	-1.040	0.298
L3.anxious	0.003463	0.492368	0.007	0.994
L3.depressed	0.152999	0.458520	0.334	0.739
L3.irritable	0.406833	0.457032	0.890	0.373
L3.elevated	-0.805440	0.732522	-1.100	0.272

Table 4: VAR results for equation score

metus orci facilisis ex, non tristique nunc est ac magna. Aenean ut lorem interdum dui dictum venenatis. Nullam hendrerit placerat mauris, et tempor neque convallis vitae. Pellentesque vitae ligula id elit hendrerit dapibus. Suspendisse lobortis, dui id ultrices viverra, lorem arcu ornare dui, faucibus vehicula tortor erat sed ex. Morbi ac dolor ut nunc fringilla facilisis nec lobortis urna. Nullam ac tempus turpis.

3.4 Granger Causality

Causal Variable	Variable	Test statistic	Critical value	p-value	df
average_hrv	depressed	1.541	2.606	0.202	(3, 6234)
average_hrv	anxious	0.3879	2.606	0.762	(3, 6234)
average_hrv	irritable	0.8046	2.606	0.491	(3, 6234)
average_hrv	elevated	0.6640	2.606	0.574	(3, 6234)
score	depressed	5.155	2.606	0.001	(3, 6234)
score	anxious	2.432	2.606	0.063	(3, 6234)
score	irritable	1.311	2.606	0.269	(3, 6234)
score	elevated	0.7891	2.606	0.500	(3, 6234)

Table 5: Granger Causality Test for HRV and Sleep Score

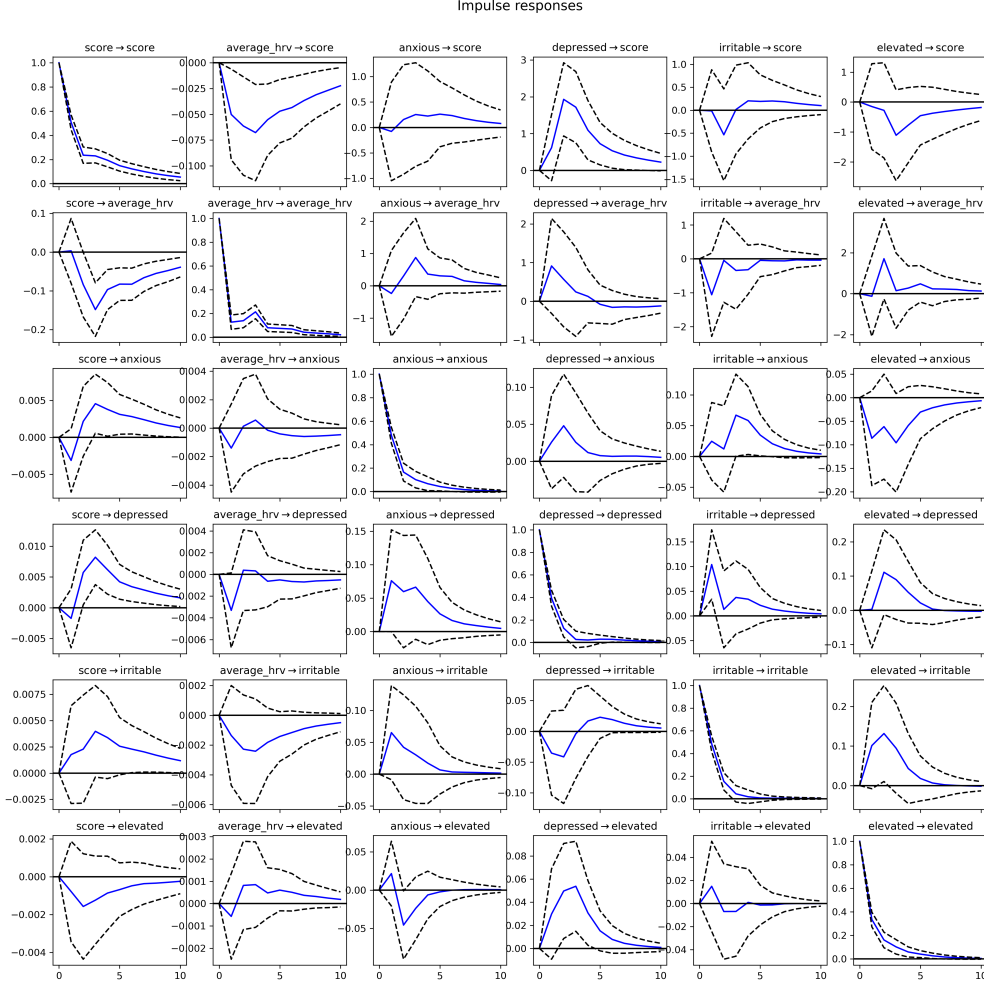


Figure 4: Plot of Impulse Response Function, Lag 0 to 10

3.5 Impulse Response Analysis

4 Discussion

Fusce consectetur accumsan tincidunt. Donec mollis odio at purus convallis tristique. Phasellus maximus quis tortor quis vehicula. Vivamus eget aliquam odio. Etiam efficitur feugiat aliquet. Cras sit amet turpis id nunc interdum placerat. Duis neque nibh, auctor nec eleifend in, pellentesque eget massa. Duis efficitur urna urna, at commodo massa efficitur sit amet. Curabitur tincidunt justo sem, sit amet hendrerit nisi dictum vitae. Ut sed sagittis dolor, vel aliquam urna. Ut placerat lorem non vehicula vehicula. Pellentesque sed justo sodales, blandit orci eget, porta sapien.

Donec pellentesque ut ipsum rhoncus venenatis. Aliquam eu nisi vel urna pharetra mollis. Nulla eget tempus odio. Sed iaculis diam sit amet accumsan suscipit. Fusce finibus arcu a purus feugiat, at vehicula sapien venenatis. Etiam fermentum lacus nisl, dictum efficitur enim fermentum id. Donec accumsan id arcu eu rhoncus. Donec sed magna posuere, efficitur est eleifend, suscipit nisl. Cras semper sollicitudin condimentum.

Nulla eleifend eros sodales elit mattis varius vel sed felis. Sed eu elit ligula. Pellentesque consectetur arcu at tortor hendrerit venenatis. Praesent luctus dolor eros, mattis pellentesque neque consectetur eu. Sed iaculis porttitor quam, varius blandit ligula. Sed justo ante, laoreet in mattis sit amet, fringilla id lectus. Integer egestas sem ut tortor gravida, a suscipit orci semper.

Nam placerat pellentesque lorem vel iaculis. Aenean congue, nibh ut mattis pharetra, eros velit mattis enim, consequat rutrum velit justo sed leo. Curabitur pretium molestie iaculis. Sed malesuada malesuada nisl nec feugiat. Quisque eu congue erat, id interdum justo. Nam fringilla condimentum tempus. Ut nec eros hendrerit, pulvinar sapien ac, molestie nunc. Maecenas mattis ultricies augue, quis lacinia massa laoreet et. Etiam ut massa vel metus mollis ultrices. Mauris bibendum neque et lectus vestibulum dapibus. Mauris quis lorem eu est tincidunt lacinia.

Integer felis massa, rhoncus quis sagittis quis, fringilla non lorem. Pellentesque feugiat eu nibh eu luctus. Duis faucibus hendrerit justo, ac condimentum turpis viverra non. Suspendisse egestas et risus sit amet luctus. In varius quam efficitur nulla efficitur sodales eget in purus. Quisque sagittis erat nec bibendum eleifend. Integer gravida nibh a commodo finibus. Nam semper sapien at mauris efficitur pretium. Phasellus quis egestas nunc.

Cras egestas, diam id fringilla suscipit, arcu ex vehicula nisl, quis efficitur nibh neque cursus massa. Suspendisse nulla metus, scelerisque id sodales eu, bibendum et elit. Curabitur in tempor velit. Aliquam cursus eget tortor a ornare. Nam nec eleifend lectus. Morbi viverra, ante vel imperdiet tincidunt, dui leo mattis sapien, ullamcorper aliquam dolor eros vitae nibh. In metus ipsum, ullamcorper ac magna ut, condimentum egestas magna. Nulla eu varius libero, eget condimentum orci. Curabitur dapibus lorem ac vulputate euismod. Maecenas nec enim ac lectus rutrum maximus eget ac elit. Praesent tellus sapien, sagittis nec sagittis at, interdum ac nisi.

Curabitur vitae scelerisque magna. Nullam aliquet eleifend mi id ullamcorper. Nullam nunc nisi, auctor vitae eros a, facilisis fermentum purus. In malesuada risus quis urna tincidunt, id cursus quam dictum. Curabitur id tellus arcu. Cras rutrum euismod ipsum vel bibendum. Nulla sit amet est velit. Praesent ac urna suscipit, porta lectus vel, bibendum est. Nam vel urna efficitur, placerat risus in, viverra velit. Mauris tincidunt eget neque ac pharetra. Morbi nec lobortis massa.

References

- Eliezer Bose, Marilyn Hravnak, and Susan M. Sereika. Vector Autoregressive (VAR) Models and Granger Causality in Time Series Analysis in Nursing Research: Dynamic Changes Among Vital Signs Prior to Cardiorespiratory Instability Events as an Example. *Nursing research*, 66(1):12–19, 2017. ISSN 0029-6562. doi: 10.1097/NNR.000000000000193. URL <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5161241/>.
- June Gruber, David J. Miklowitz, Allison G. Harvey, Ellen Frank, David Kupfer, Michael E. Thase, Gary S. Sachs, and Terence A. Ketter. Sleep matters: Sleep functioning and course of illness in bipolar disorder. *Journal of Affective Disorders*, 134(1):416–420, November 2011. ISSN 0165-0327. doi: 10.1016/j.jad.2011.05.016. URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016503271100262X>.
- Allison G. Harvey, Lisa S. Talbot, and Anda Gershon. Sleep Disturbance in Bipolar Disorder Across the Lifespan. *Clinical Psychology: Science and Practice*, 16(2):256–277, 2009. ISSN 1468-2850. doi: 10.1111/j.1468-2850.2009.01164.x. URL <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1468-2850.2009.01164.x>. eprint: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1468-2850.2009.01164.x>.
- Salar Jafarlou, Jocelyn Lai, Iman Azimi, Zahra Mousavi, Sina Labbaf, Ramesh C. Jain, Nikil Dutt, Jessica L. Borelli, and Amir Rahmani. Objective Prediction of Next-Day’s Affect Using Multimodal Physiological and Behavioral Data: Algorithm Development and Validation Study. *JMIR Formative Research*, 7(1):e39425, March 2023. doi: 10.2196/39425. URL

<https://formative.jmir.org/2023/1/e39425>. Company: JMIR Formative Research Distributor: JMIR Formative Research Institution: JMIR Formative Research Label: JMIR Formative Research Publisher: JMIR Publications Inc., Toronto, Canada.

Helmut Lütkepohl. *New introduction to multiple time series analysis*. New York : Springer, Berlin, 2005. ISBN 978-3-540-40172-8. OCLC: ocm61028971.

Isaac Moshe, Yannik Terhorst, Kennedy Opoku Asare, Lasse Bosse Sander, Denzil Ferreira, Harald Baumeister, David C. Mohr, and Laura Pulkki-Råback. Predicting Symptoms of Depression and Anxiety Using Smartphone and Wearable Data. *Frontiers in Psychiatry*, 12, 2021. ISSN 1664-0640. URL <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsy.2021.625247>.

Greg Murray and Allison Harvey. Circadian rhythms and sleep in bipolar disorder. *Bipolar Disorders*, 12(5):459–472, 2010. ISSN 1399-5618. doi: 10.1111/j.1399-5618.2010.00843.x. URL <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1399-5618.2010.00843.x>. eprint: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1399-5618.2010.00843.x>.

Josef Perktold, Skipper Seabold, Kevin Sheppard, ChadFulton, Kerby Shedden, Jbrockmendel, J-Grana6, Peter Quackenbush, Vincent Arel-Bundock, Wes McKinney, Ian Langmore, Bart Baker, Ralf Gommers, Yogabonito, S-Scherrer, Evgeny Zhurko, Matthew Brett, Enrico Giampieri, Yichuan Liu, Jarrod Millman, Paul Hobson, Vincent, Pamphile Roy, Tom Augspurger, Tvanzyl, Alexbrc, Tyler Hartley, Fernando Perez, Yuji Tamiya, and Yaroslav Halchenko. statsmodels/statsmodels: Release Candidate 0.14.0rc0, April 2023. URL <https://zenodo.org/record/593847>.