



Přednáška 11: Síťové modely v psychologii

3. 12. 2024 | PSYn4790 | Psychometrika: Měření v psychologii
Katedra psychologie, Fakulta sociálních studií MU

Hynek Cígler (poděkování Editě Chvojce)

Dotazník depresivity

Co je měřeným atributem v dotazníku depresivity...

- ... z hlediska CTT?
- ... z hlediska modelu s latentními proměnnými (IRT/FA)?
- ... nějakého jiného modelu?

Co nám to říká o „povaze“ tohoto atributu?

Je to smysluplné?

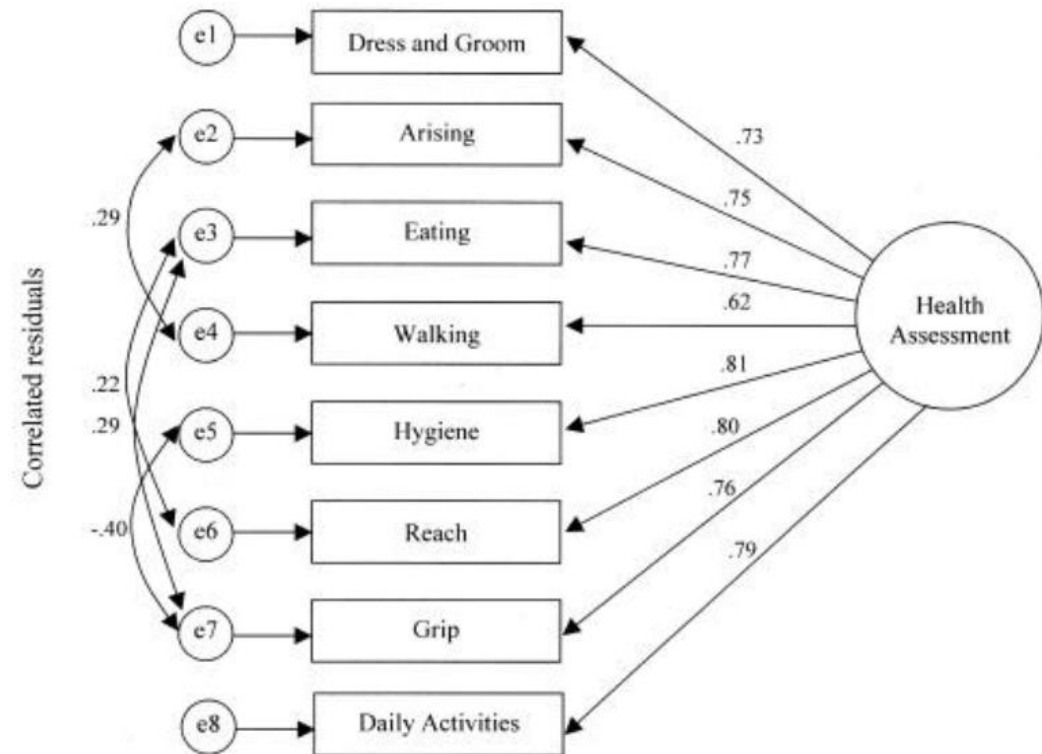
Kauzální interpretace CFM

CFM – „common factor model“

Předpoklad – lokální nezávislost položek.

„Pozitivní manifold“.

Kauzální „cesta“ vede výhradně z latentní proměnné k indikátorům.



Kauzální interpretace CFM

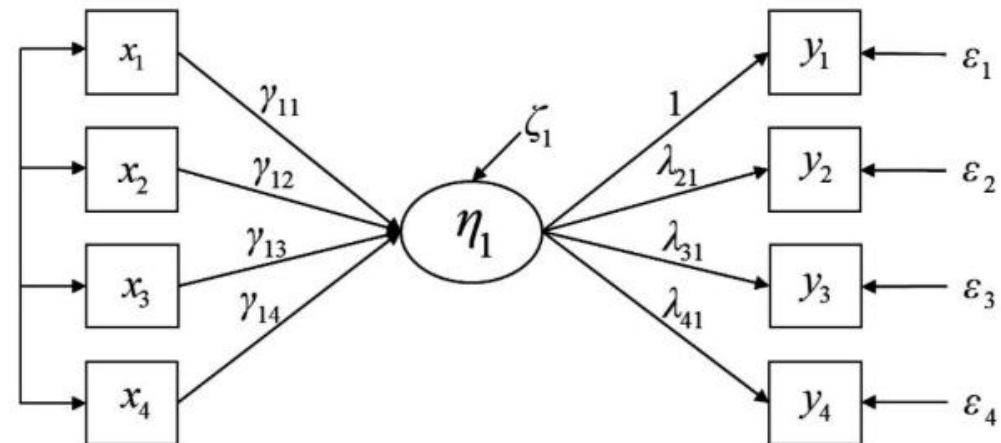
CFM – „common factor model“

Předpoklad – lokální nezávislost položek.

„Pozitivní manifold“.

Kauzální „cesta“ vede výhradně z latentní proměnné k indikátorům.

- Ačkoli vztahy mohou být komplikovanější – například stres.
- Bollen, K. A., & Diamantopoulos, A. (2017). In defense of causal-formative indicators: A minority report. *Psychological Methods*, 22(3), 581–596. <https://doi.org/10.1037/met0000056>



Dynamic network model

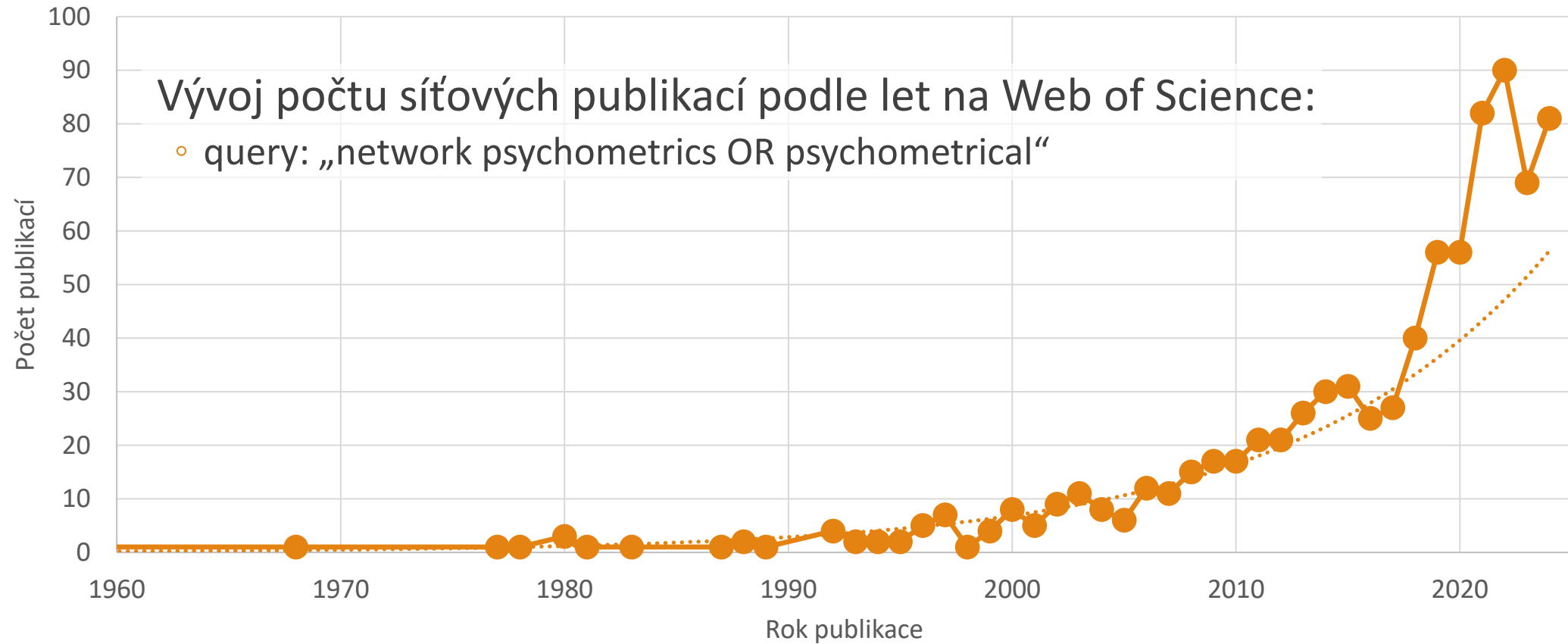
*„We propose that the variables that are typically taken to be indicators of latent variables should be taken to be **autonomous causal entities** in a network of dynamical systems. Instead of positing a latent variable, one assumes a network of directly related causal entities...“*

- Schmittmann, V. D., Cramer, A. O. J., Waldorp, L. J., Epskamp, S., Kievit, R. A., & Borsboom, D. (2013). Deconstructing the construct: A network perspective on psychological phenomena. *New Ideas in Psychology*, 31(1). <http://doi.org/10.1016/j.newideapsych.2011.02.007>

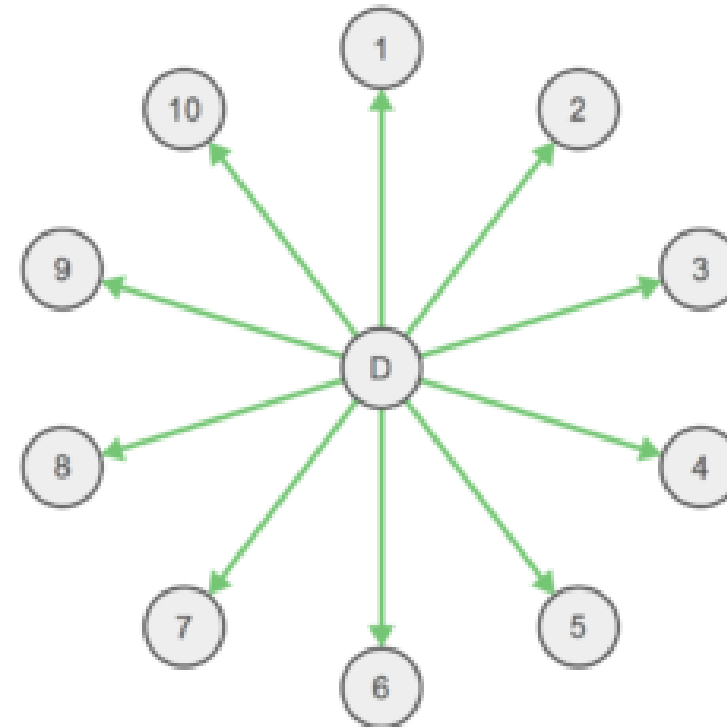
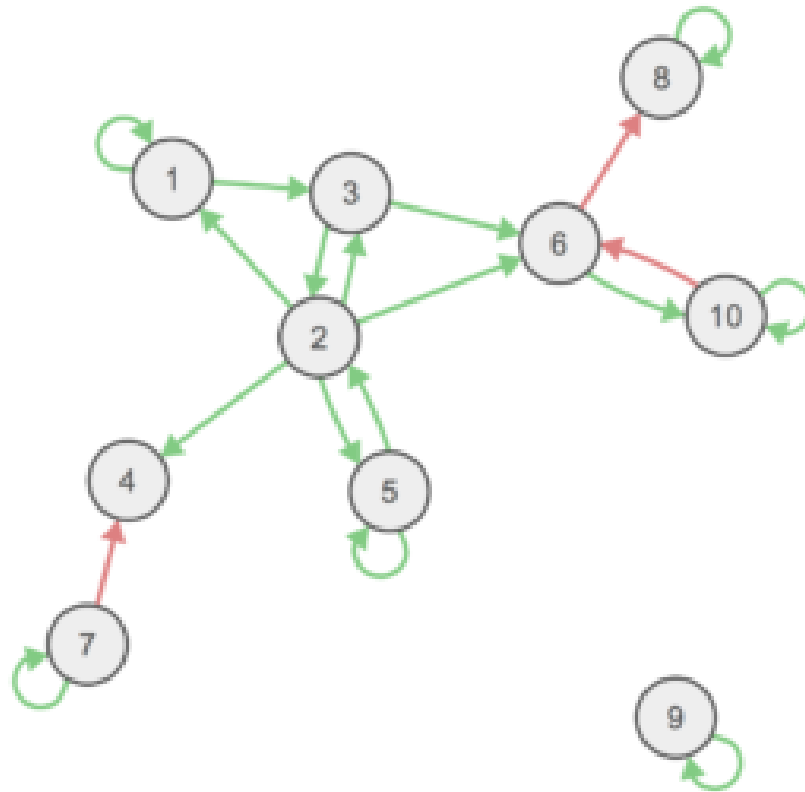
Zejména v psychopatologii či psychologii osobnosti, neuropsychologii.

V současnosti extrémně rychle se rozvíjející oblast psychometriky.

Dynamic network model



Dynamic network model



<https://psych-networks.com/challenges-to-the-network-approach/>

[Epskamp, S., Borsboom, D., and Fried, E.I. \(2018\). Estimating Psychological Networks and their Accuracy: A Tutorial Paper. *Behavior Research Methods* 5\(1\), 195-212.](#)

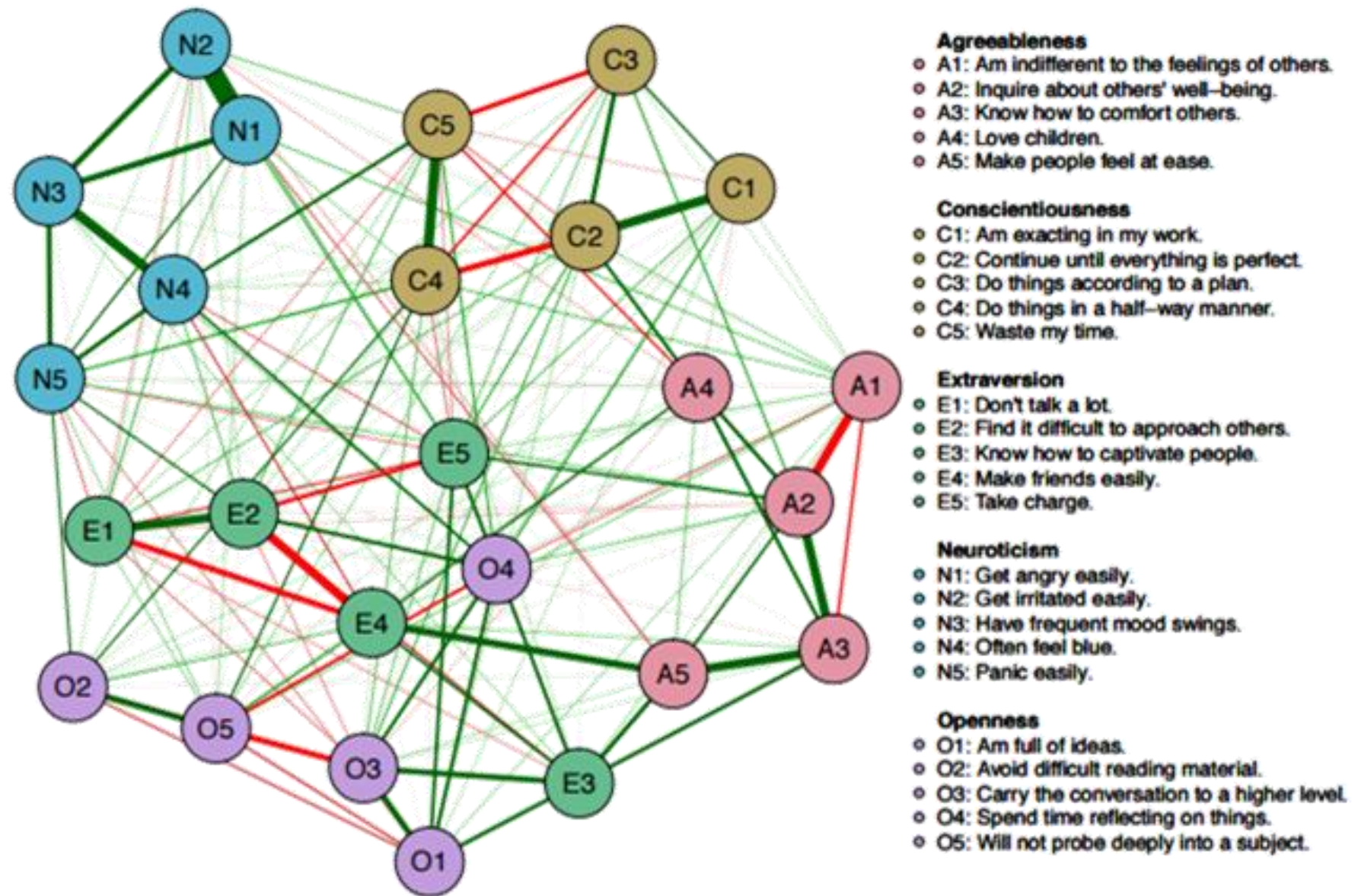


Figure 1.1: Example of a network model estimated the BFI personality dataset from the psych package in R. Nodes represent variables (in this case, personality inventory items) and links between the nodes (also termed *edges*) represent partial correlation coefficients. Green edges indicate positive partial correlations, red

edges indicate negative partial correlations, and the width and saturation of an edge corresponds to the absolute value of the partial correlation. Estimation technique as outlined in Chapter 2 was used.

Network paradigm

Síťový přístup.

- Jezero a ekologická katastrofa.
- Borsboomův kamarád a gambling.

Síťová teorie.

- Konkrétní operacionalizace; obecně, nebo konstruktově-specifická.
- Často formální teorie.

Síťový model.

- Různé operacionalizace pro různé případy.
- Různé teorie mohou využívat různé modely.

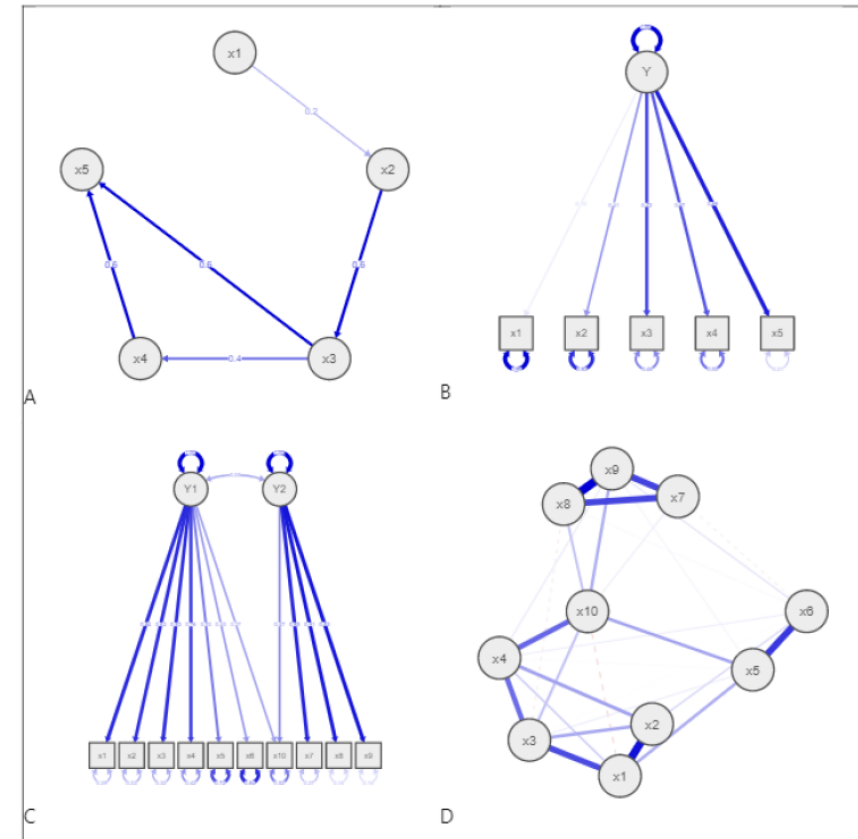
Dynamické síťové modely

Psychometrické modely jsou jen „modely“ – existuje nekonečně velké množství „stejně dobrých modelů“ popisujících ta stejná data.

- Volba mezi modely nemůže být uskutečněna jen na základě dat. Je potřeba i teorie.
- Ke každému faktorovému modelu lze nalézt *shodný* síťový model.

Modely vpravo jsou ekvivalentní.

- A a B popisují data stejně dobře.
- C a D popisují data stejně dobře.



Dynamické síťové modely

Tradiční modely s latentními proměnnými neumožňují modelovat etiologii.

- Latentní proměnná je ryze mezisubjektová – rozdíl mezi lidmi (lokální irelevance).

Dynamické síťové modely nabízejí řadu „výhod“.

- Často lépe odpovídá naší představě o etiologie než modely s latentní proměnnou...
- Každá osoba může mít svůj individuální model...

Síťové modely ale mají samozřejmě své nevýhody.

- Vysoké množství parametrů, nestabilita.

Není to „bud' a nebo“ – mezisubjektové a vnitrosubjektové procesy mohou být modelované souběžně.

- Část modelu může být FA/SEM, část síť.

Různé síťové modely

Síťový model je „graf“.

- DAG (Directed Acyclic Graphs).

Prvky grafu:

- Vrcholy či uzly (nodes).
 - Symptomy a další proměnné včetně třeba environmentálních.
- Hrany či cesty (edges). Mohou být vážené a směrované.
 - Vztahy mezi proměnnými: vzdálenost, komorbidita, kauzalita, interakce...

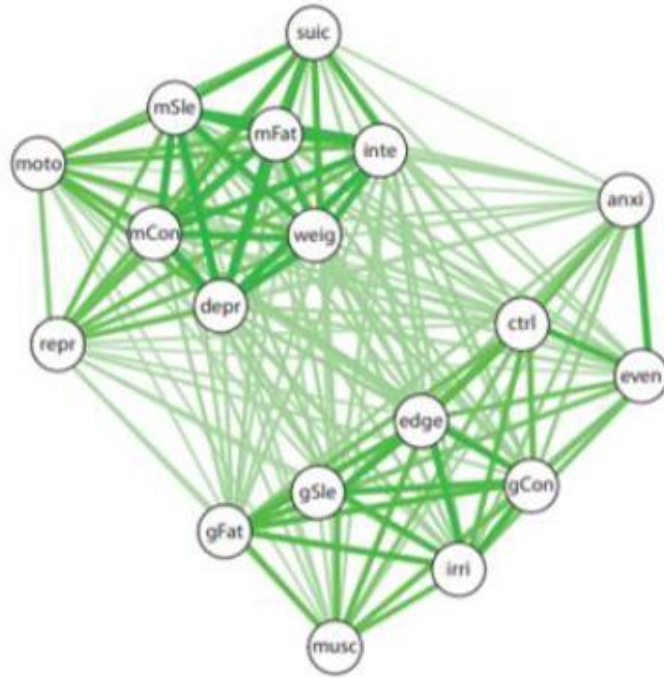
Vizuální reprezentace je nespolehlivá.

- Stejný model může být zobrazen různým způsobem, který vede k rozdílným interpretacím.

Grafy v psychologii bývají založené zpravidla na parciálních korelacích.

- Namísto na korelacích.
- Případně Ising model.

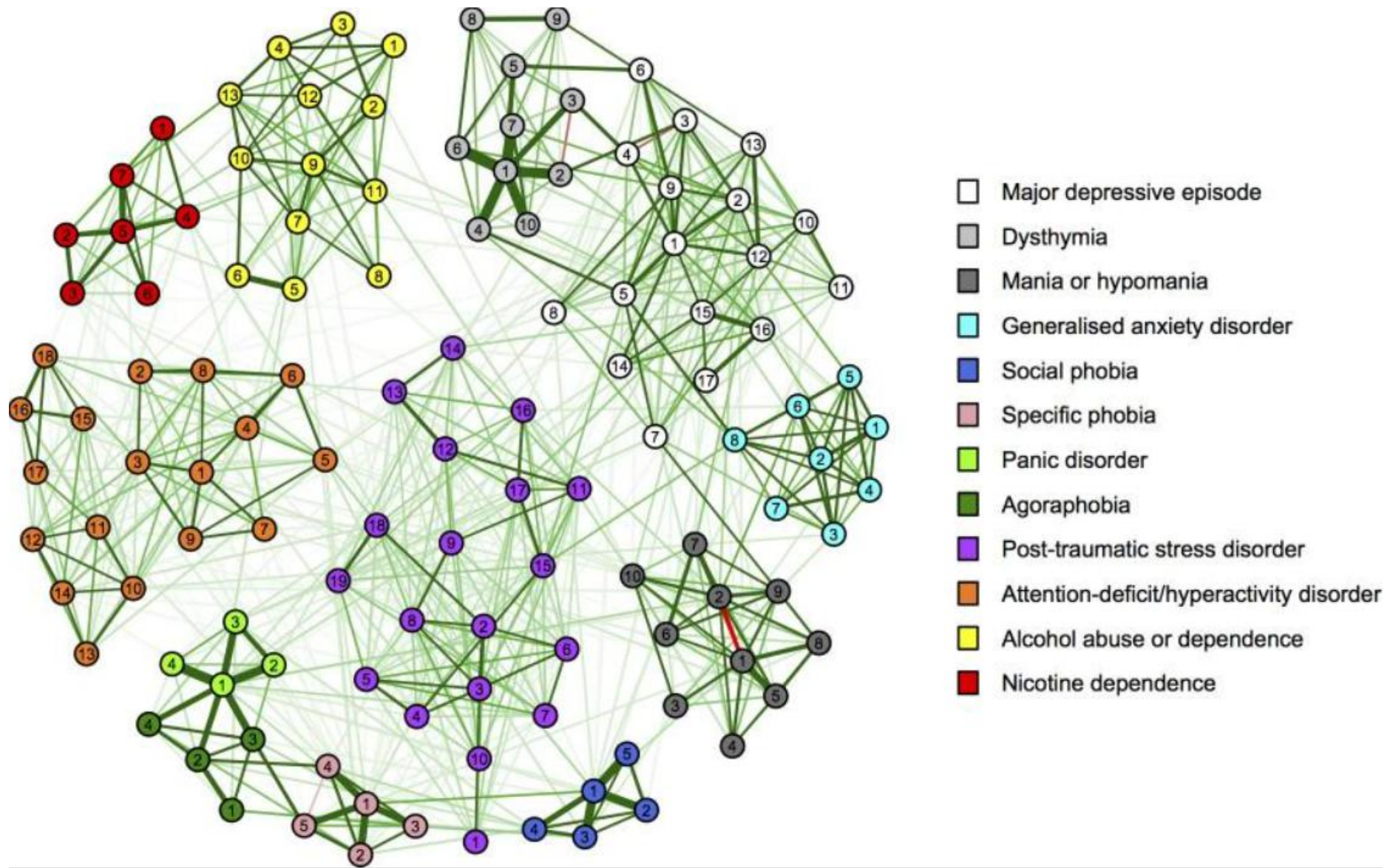
Population data



Correlation graph
of MDE-GAD



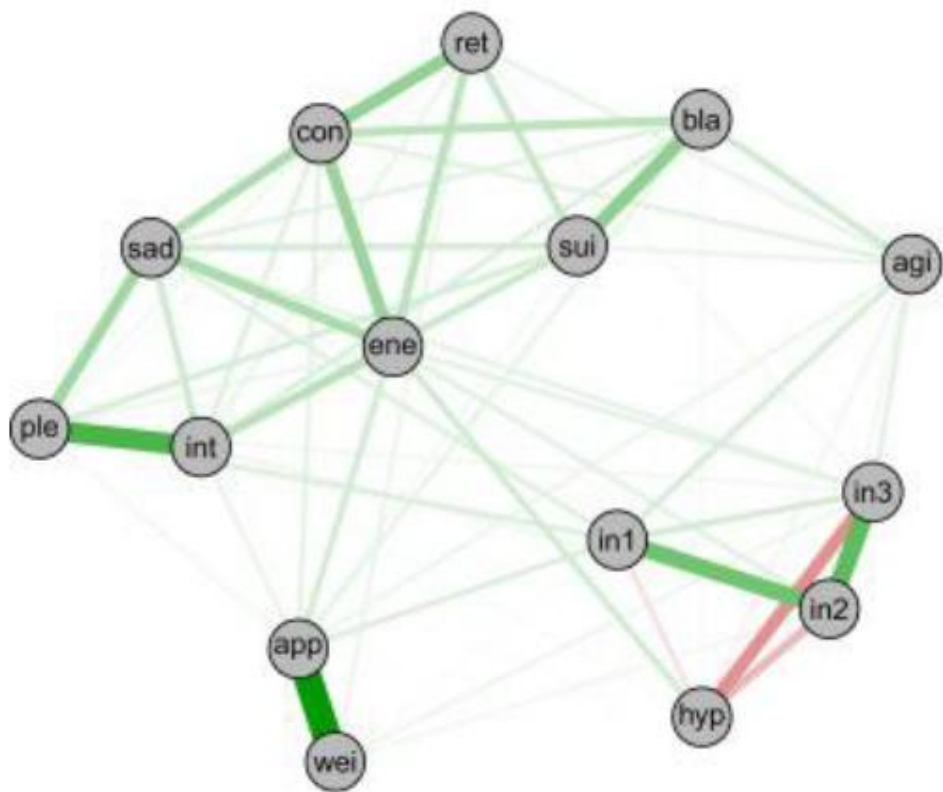
Partial correlation graph
of MDE-GAD



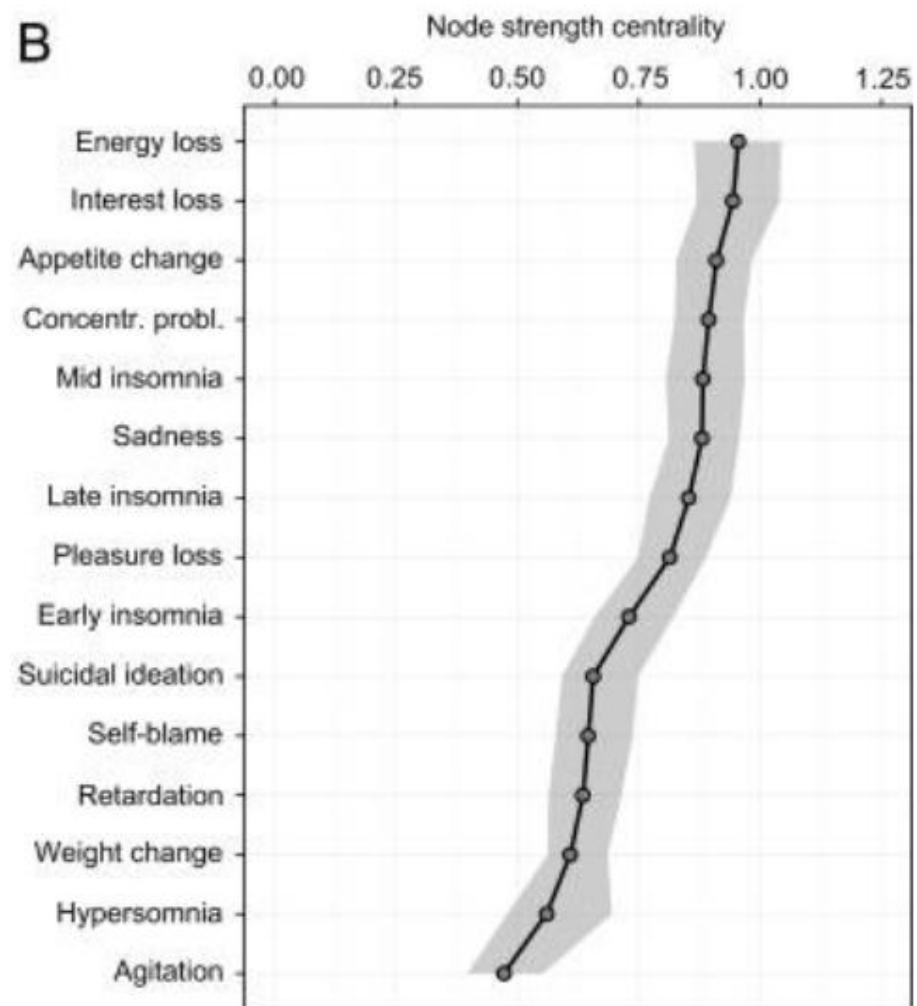
Boschloo, L., van Borkulo, C. D., Rhemtulla, M., Keyes, K. M., Borsboom, D., & Schoevers, R. A. (2015). The Network Structure of Symptoms of the Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders. *PLoS one*, 10(9), e0137621. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0137621>

Network of depression symptoms - DSM

A

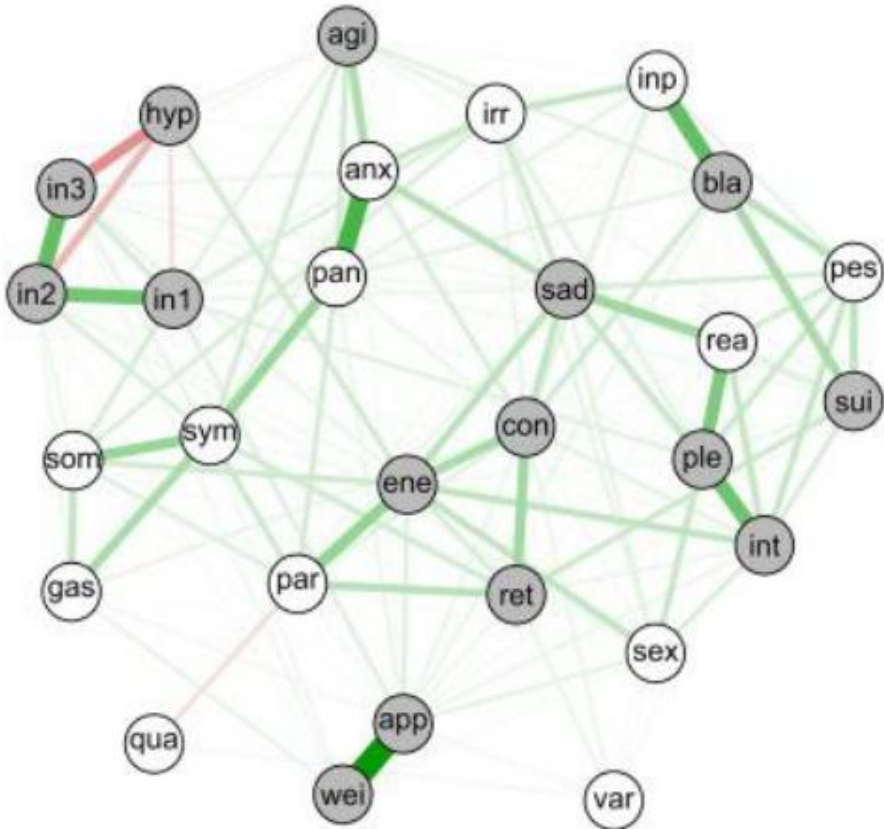


B



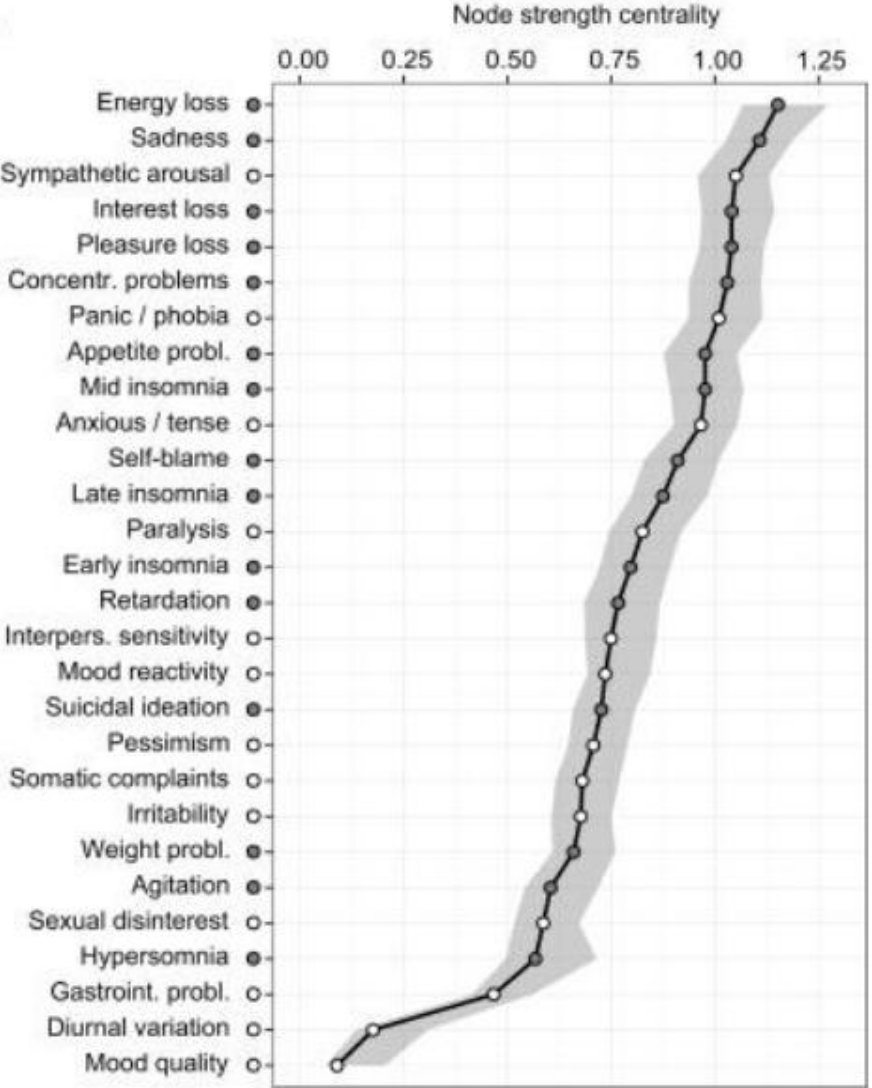
Network of depression symptoms - extended

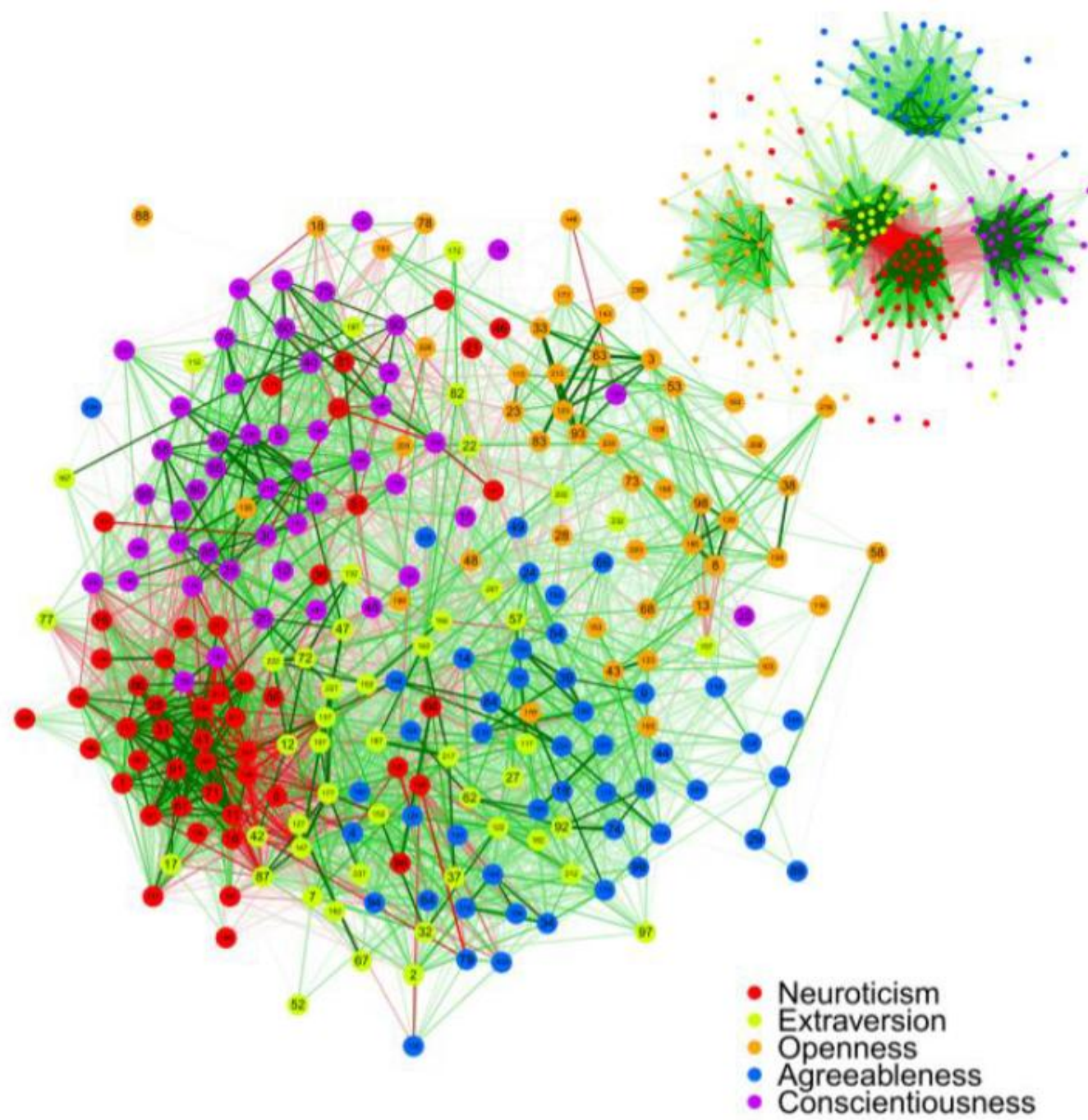
A



● DSM criterion symptom
○ Non-DSM symptom

B





Různé síťové modely

Souběžné modely (contemporaneous).

- Modelované jsou výhradně mezisubjektové rozdíly v jednom čase.

Časové modely (temporal; někdy též „průběžné“).

- Modelován je průběh v čase s využitím dat z více časových bodů.

Populační data.

- Předpoklad: lidé jsou stejní (podobný) – „one model fit them all“.
- Typicky souběžné modely, ale rovněž tzv. „panelová data“.
- Stačí málo časových bodů (minimálně tři pro identifikaci všech parametrů).

Časové řady, personalizované síťové modely, random network models.

- Předpoklad: správná „frekvence“ sběru dat. Mnoho časových bodů (např. 5/den, celý měsíc).
- Každý subjekt může mít „svůj model“.

Co lze ze sítí vyčíst

Sílu a směr hran lze přímo interpretovat.

Z odhadnutého síťového modelu lze spočítat a interpretovat řadu informací.

Globální inference.

- „Small-worldness“, hustota, teplota, rezilience...

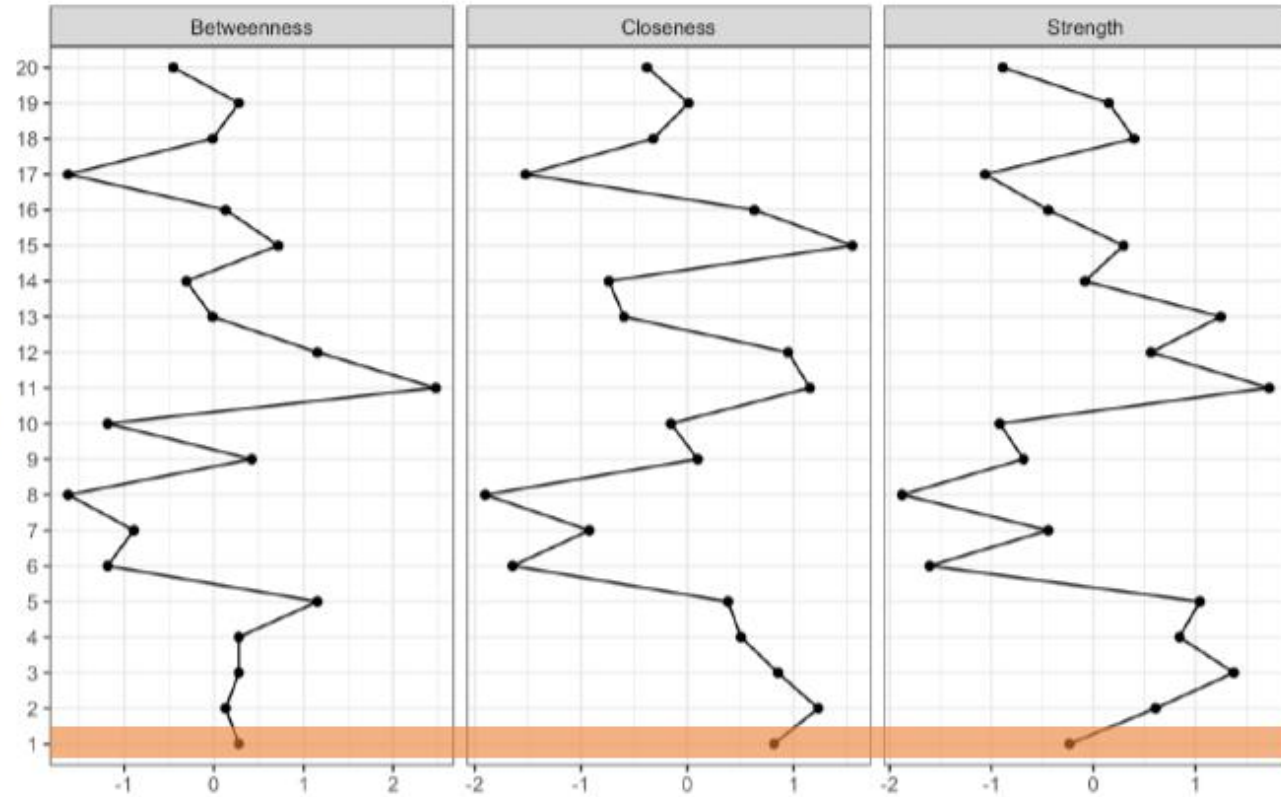
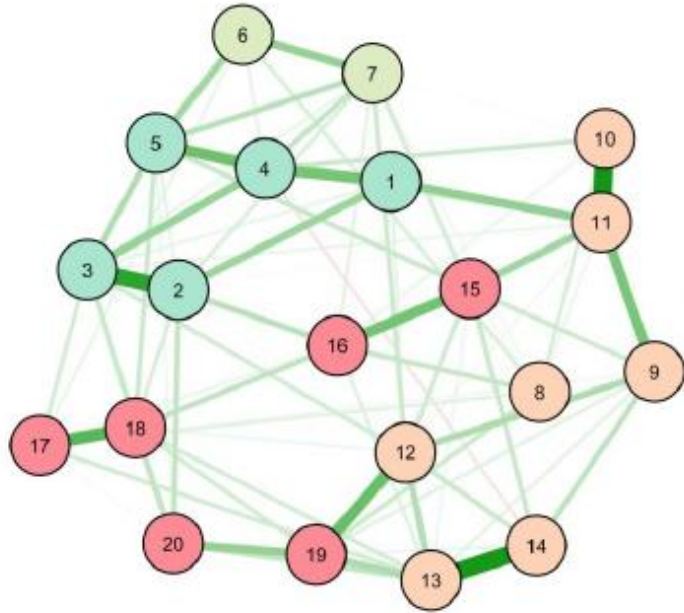
Lokální inference.

- centralita, clustery

Kromě toho je možné modely srovnávat a porovnávat.

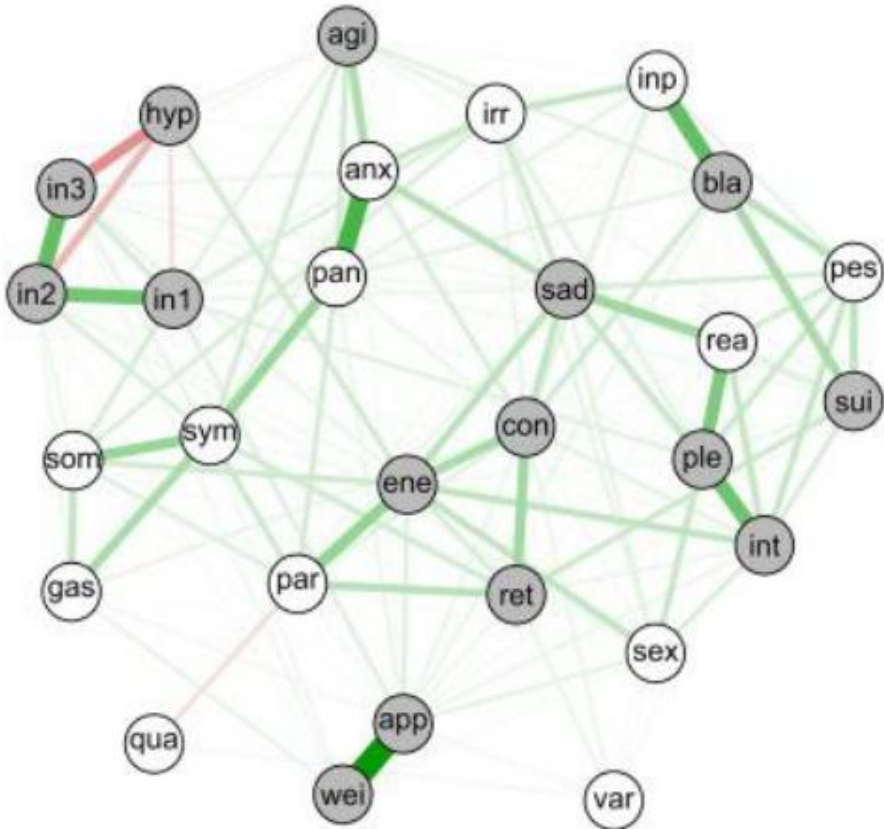
- Napříč skupinami.
- Nebo vůči alternativním modelům (včetně CFM).

Indexy centrality



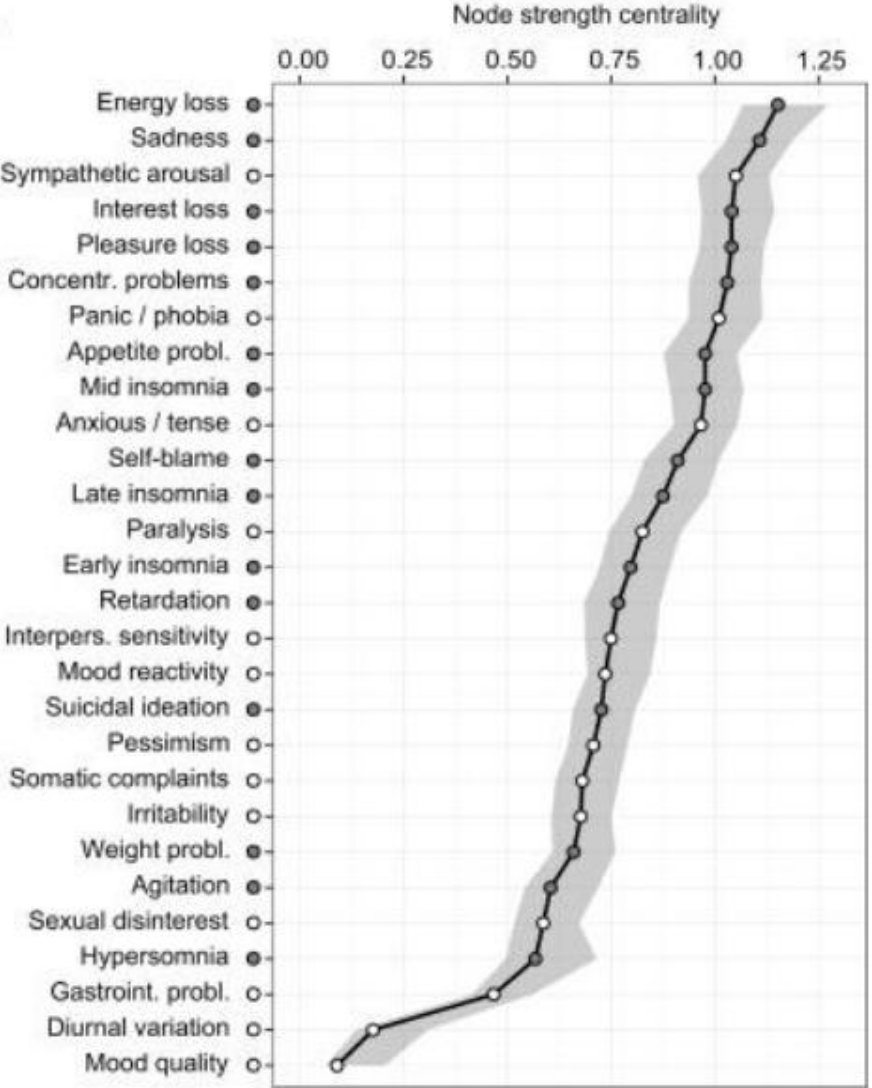
Network of depression symptoms - extended

A



● DSM criterion symptom
○ Non-DSM symptom

B



Postup odhadu síťových modelů

Typicky tzv. Markov random fields (MRF) pro nesměrované sítě.

- Gaussian graphical model (GGM), Ising model a další.

Odhadnutý model má hrany mezi všemi vrcholy, tedy $\frac{k(k-1)}{2}$,

- Např. 10 vrcholů znamená 45 hran, 20 proměnných už 190
 - U směrovaných grafů krát 2, s autokorelacemi $+k$ parametrů (tedy s 10 proměnnými 100, se 20 už 400).
- To lze těžko interpretovat; navíc řada signifikantních hran je jen výběrová chyba.

Proto **regularizace**: omezení počtu hran v grafu.

- Invertovaná variančně-kovarianční matice: **pruning** (prořezání).
- Nodewise regrese: **lasso algoritmus** („graphical lasso“, glasso) – penalizovaný ML estimátor.
- Souběžná estimace: **srovnání modelů** pomocí nějakého kritéria (typicky BIC).
 - Vysoce časově náročné.
- Typicky se využívá více postupů postupně pro zrychlení estimace.

Postup odhadu síťových modelů

Omezení počtu odhadovaných hran v grafu a velké množství parametrů (a často i malé množství dat) vede k relativně **nízké stabilitě** síťových modelů.

- Zároveň vysoká časová náročnost.

Nepomáhá tomu „novost“ celé oblasti.

- Spousta aspektů není dostatečně prozkoumaná.

Používají se různé formy bootstrappingu (podle indexu, o který se zajímáme).

Doporučení: zdrženlivost při odhadech, pokud nemáte dost zkušeností.

Stabilita modelu je největším rizikem při odhadu.

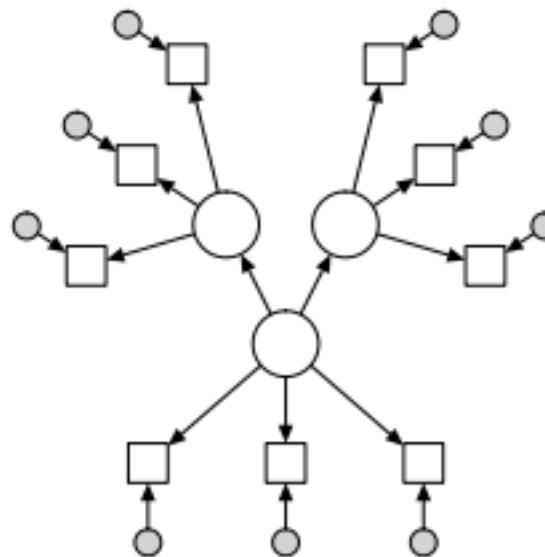
Srovnání modelů:

- A: SEM (strukturní model)
- B: NM (síťový model)
- C: LNM (Latent Network Model)
- D: RNM (Residual Network Model)

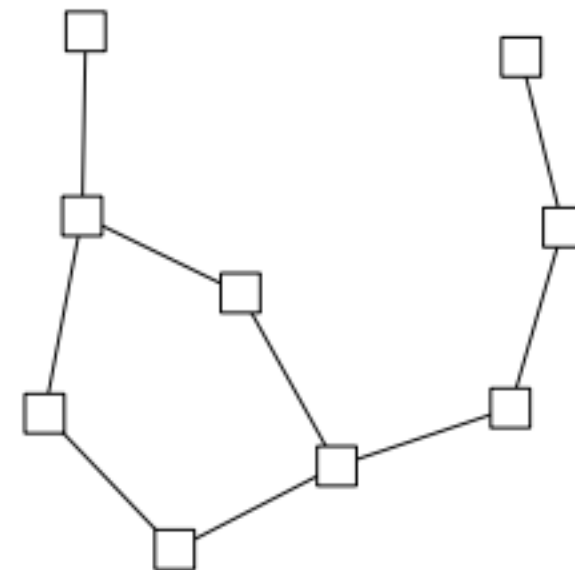
Figure 7.2: Examples of possible models under four different modeling frameworks. Circular nodes indicate latent variables, square nodes indicate manifest variables and gray nodes indicate residuals. Directed edges indicate factor loadings or regression parameters and undirected edges indicate pairwise interactions. Note that such undirected edges do *not* indicate covariances, which are typically denoted with bidirectional edges. Replacing covariances with interactions is where the network models differ from typical SEM.

<http://sachaepskamp.com/dissertation/Chapter7.pdf>

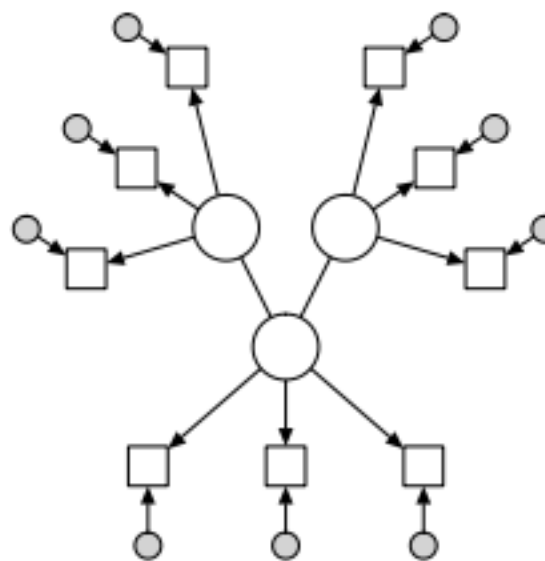
Více zdrojů: <http://sachaepskamp.com/Dissertation>



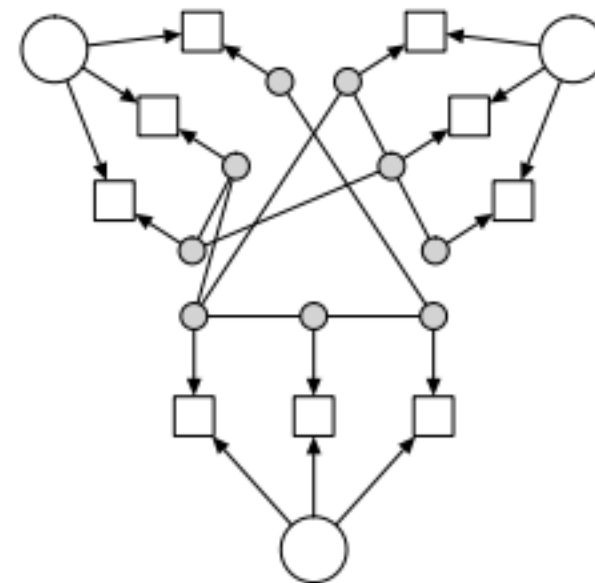
A. Structural Equation Modeling



B. Network Modeling



C. Latent Network Modeling



D. Residual Network Modeling

Předpoklady síťových modelů

Úplnost: nechybí žádný významný uzel (parciální vztahy jsou skutečné vztahy).

- Po jeho vložení by se změnila parciální vztahy proměnných.

Řídkost (sparsness): uzly nejsou (příliš) duplicitní.

- Jinak regularizace poskytuje zkreslené odhady.

Stacionarita u časových sítí.

- Vztahy jsou invariantní v čase v rámci sledovaného období.

Distribuce dat (multivariační normální rozdělení v případě GGM).

- Tento předpoklad je atypicky velmi silný, nedodržení silně zkresluje odhad parciálních korelací.

Žádné latentní proměnné (jinak jsou odhadnuty falešné hrany, tzv. „spurious edges“).

Uzly jsou zcela reliabilní.

- Jinak dochází k nedostatečné parciální kontrole při odhadu hran. Vzpomeňte si: Westfall a Yarkoni ([2016](#))!

Příklady použití

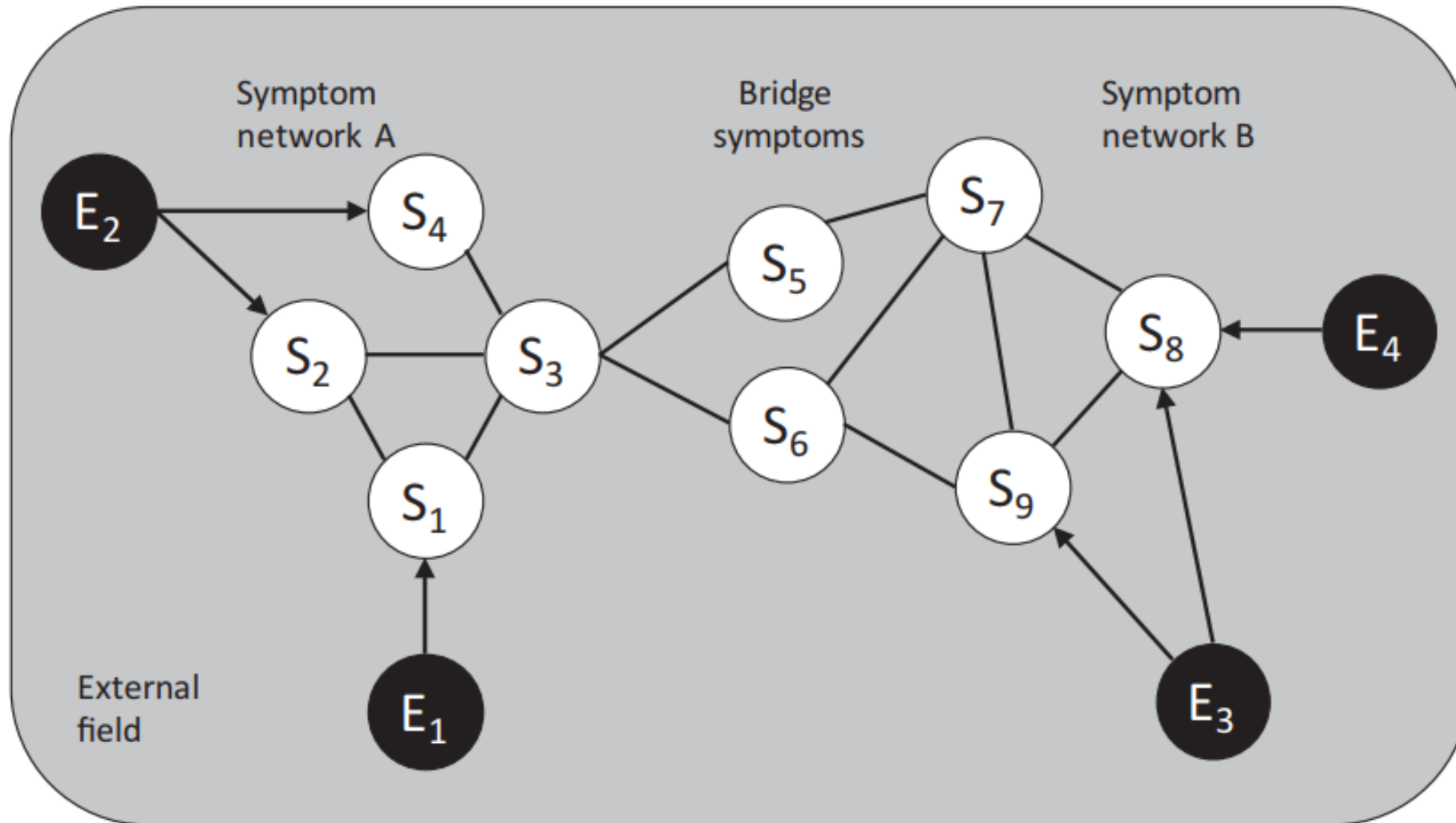


Figure 2 Two disorders (A and B) that are connected through bridge symptoms (S_5 and S_6) which play a role in both networks. Although the association of symptoms will be strongest within each network, structural overlap between the disorders is unavoidable, and as a result comorbidity will arise.

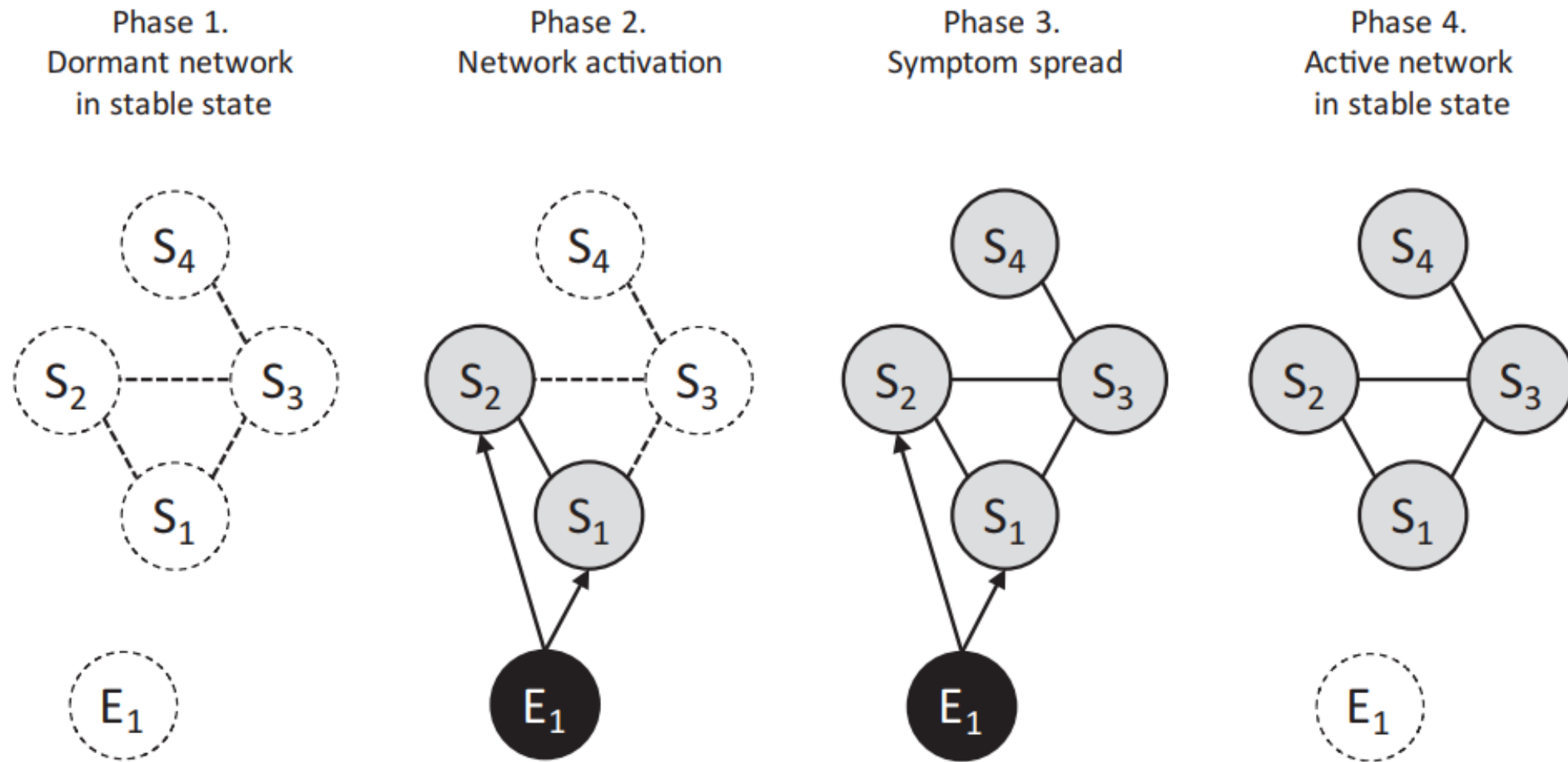
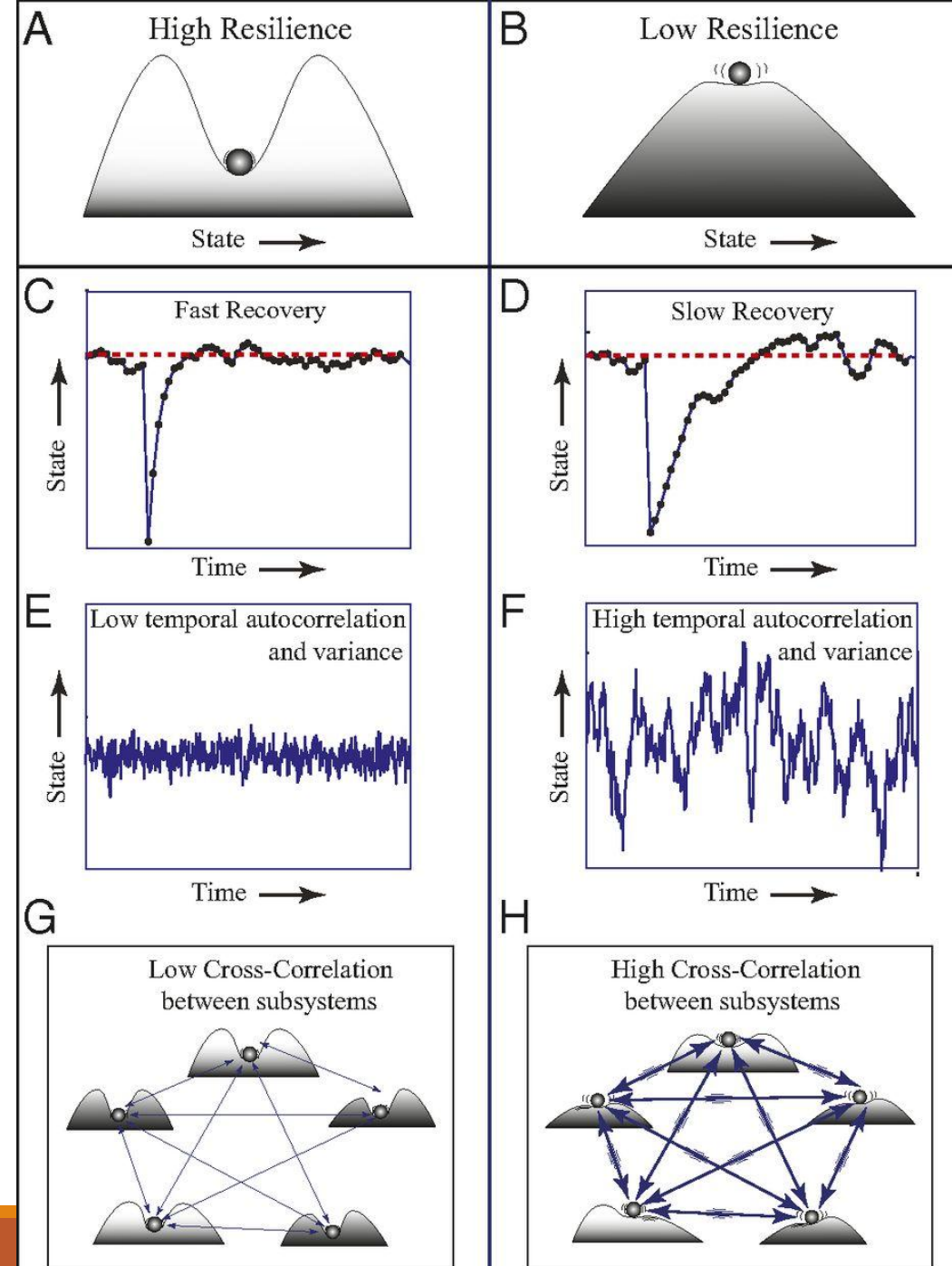
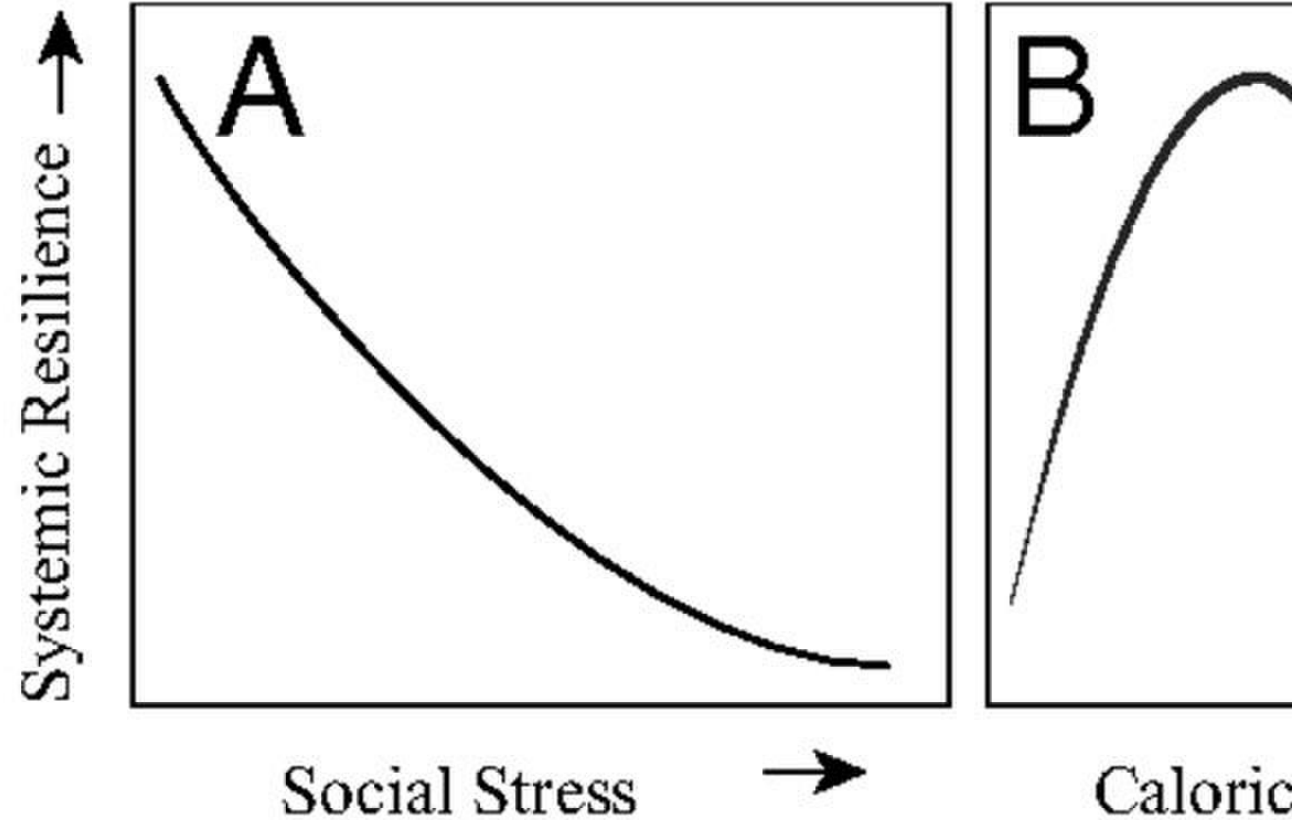


Figure 3 Phases in the development of mental disorders according to the network theory. After an asymptomatic phase, in which the network is dormant (Phase 1), an external event (E_1) activates some of the symptoms (Phase 2), which in turn activate connected symptoms (Phase 3). If the network is strongly connected, removal of the external event does not lead to recovery: the network is self-sustaining and is stuck in its active state (Phase 4).

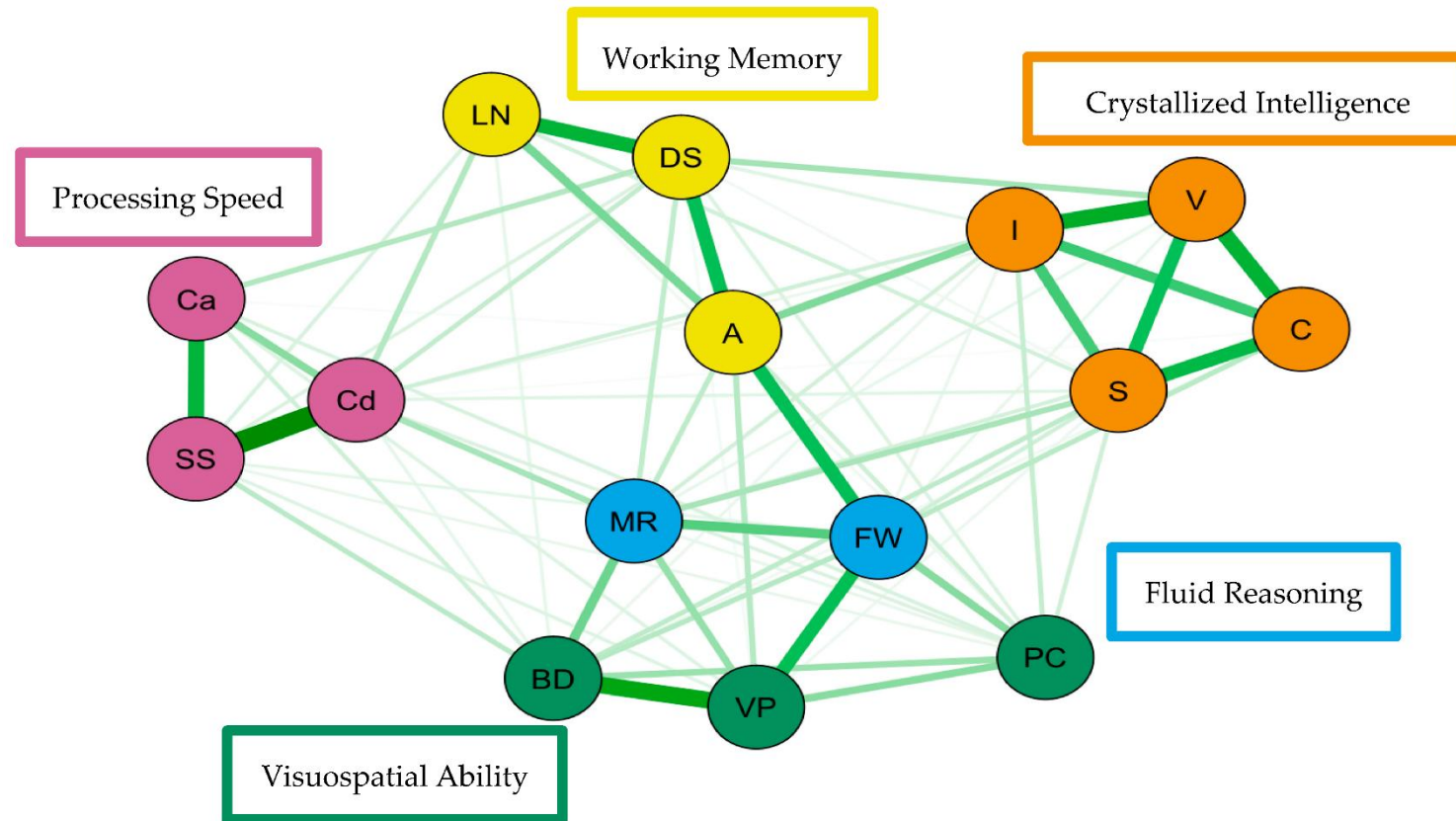
<https://goo.gl/6cJs6a>

Wichers, M., Groot, P. C. (2016).
Critical Slowing Down as a Personalized Early Warning Signal for
Depression. *Psychotherapy and Psychosomatics* 85, 114-116.
doi: [10.1159/000441458](https://doi.org/10.1159/000441458)

Scheffer, M., Bolhuis, J. E., Borsboom, D., ..., & Olde Rikkert, M. G. M. (2018). Quantifying resilience of humans and other animals. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 115(47), 11883–11890. <https://doi.org/10.1073/pnas.1810630115>



Síťové modely inteligence



Schmank, C.J., Goring, S.A., Kovacs, K., Conway, A.R.A. (2019). Psychometric Network Analysis of the Hungarian WAIS. *Journal of Intelligence* 7(21). <https://doi.org/10.3390/jintelligence7030021>

Síťové modely inteligence

Mutualismus jako formální sjednocení teorií vývoje kognitivních schopností a faktorových teorií inteligence.

- Pozorovaná faktorová struktura je „produktem“ mutualistického fungování dílčích schopností.
- Pozitivní manifold (a tedy g-faktor a obecné faktory souhrnně) je důsledkem.

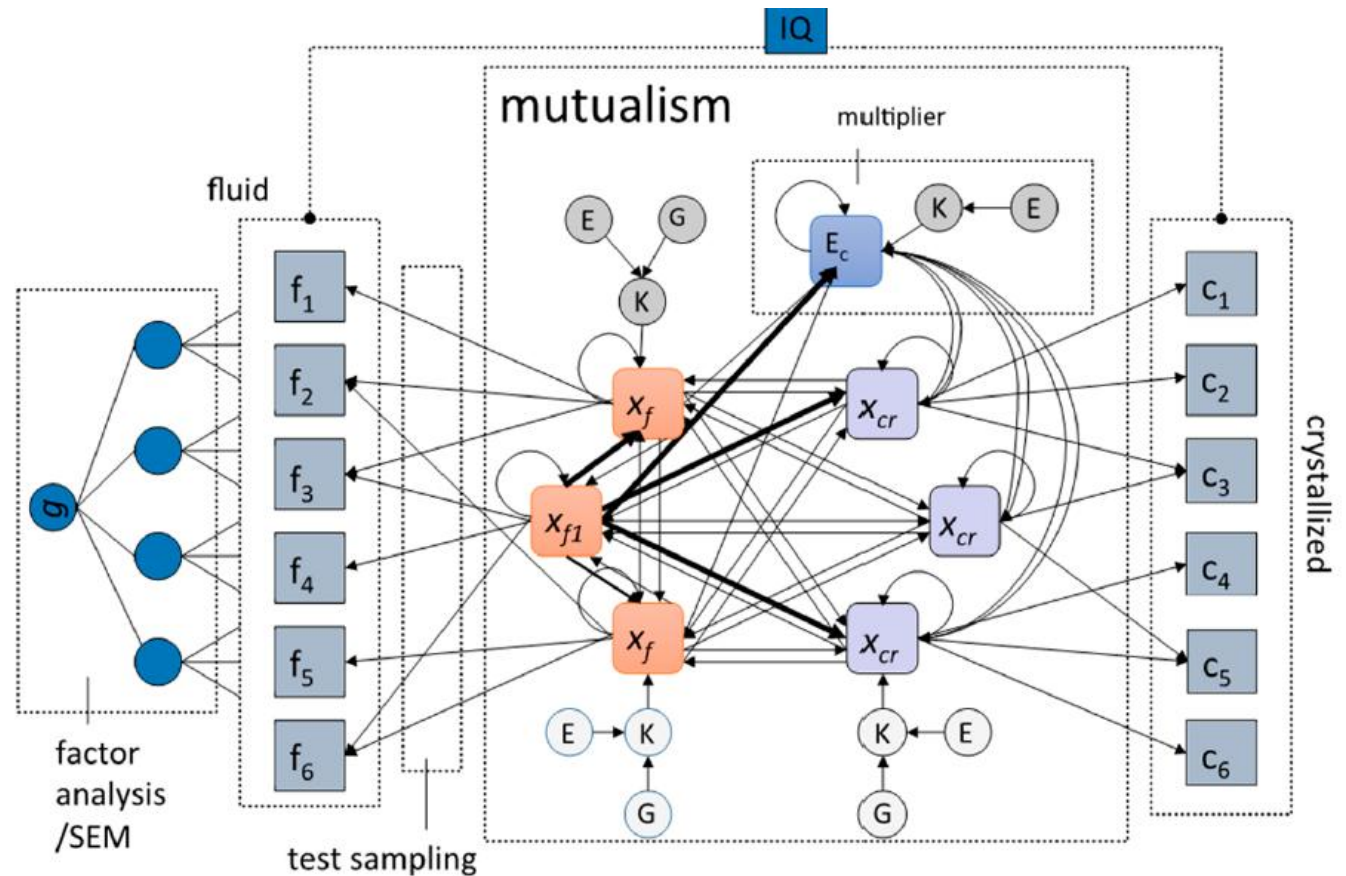
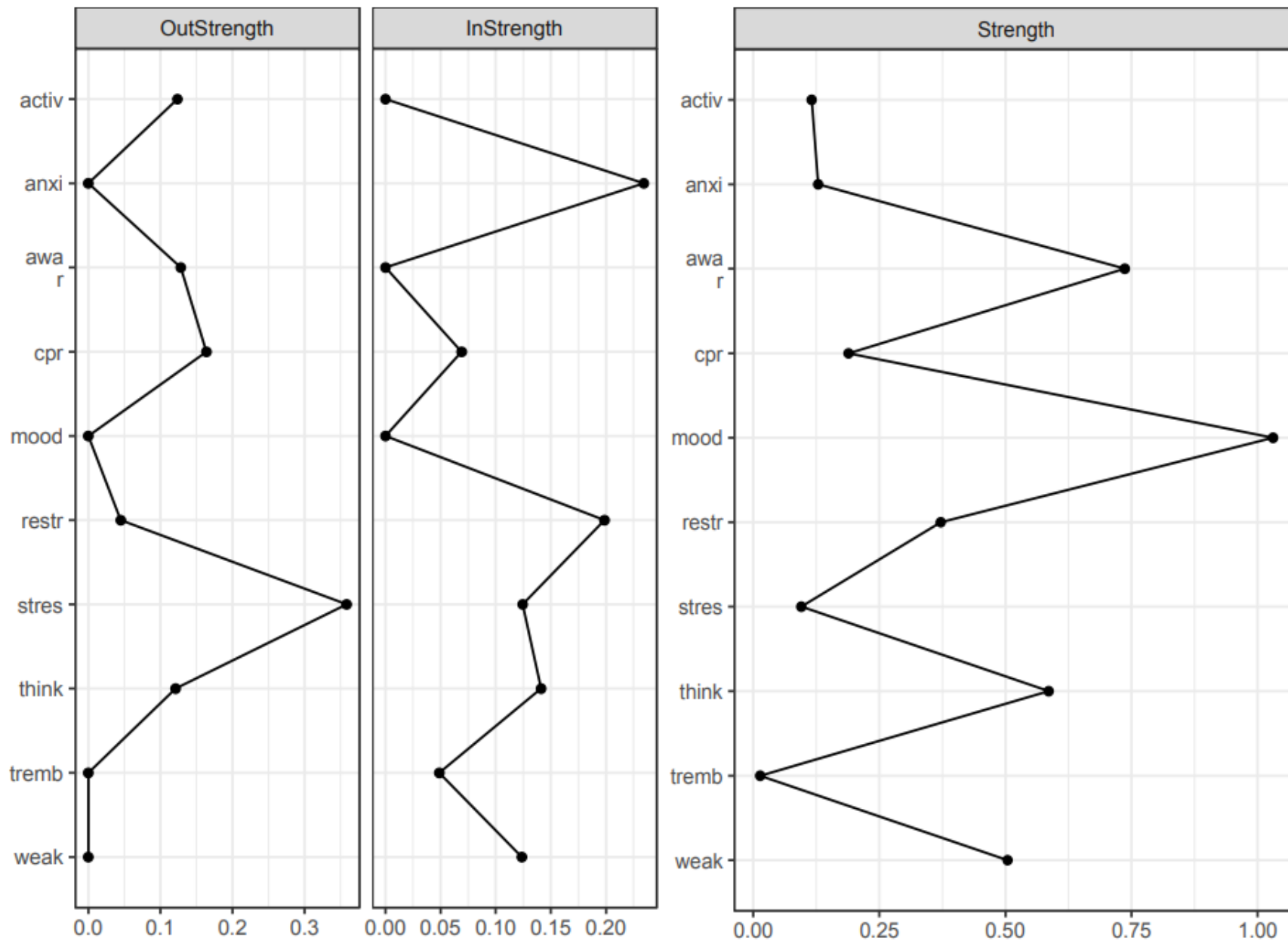


Figure 2. The unified model of general intelligence allowing for test sampling, reciprocal effects (both mutualistic and multiplier), and central cognitive abilities (such as working memory, x_{f1}). The x_f and x_c nodes represent separate cognitive abilities in the intelligence network. The c_i and f_i represent test results of crystallized and fluid cognitive abilities, respectively, the sum of which is IQ. The g-factor can be extracted using factor analysis on f (and c) tests. See Equations (1) and (2) for more details on the internal workings.

- Van Der Maas, H. L. J., Kan, K. J., Marsman, M., & Stevenson, C. E. (2017). Network Models for Cognitive Development and Intelligence. *Journal of Intelligence*, 5(2). <https://doi.org/10.3390/jintelligence5020016>

Pacient 1

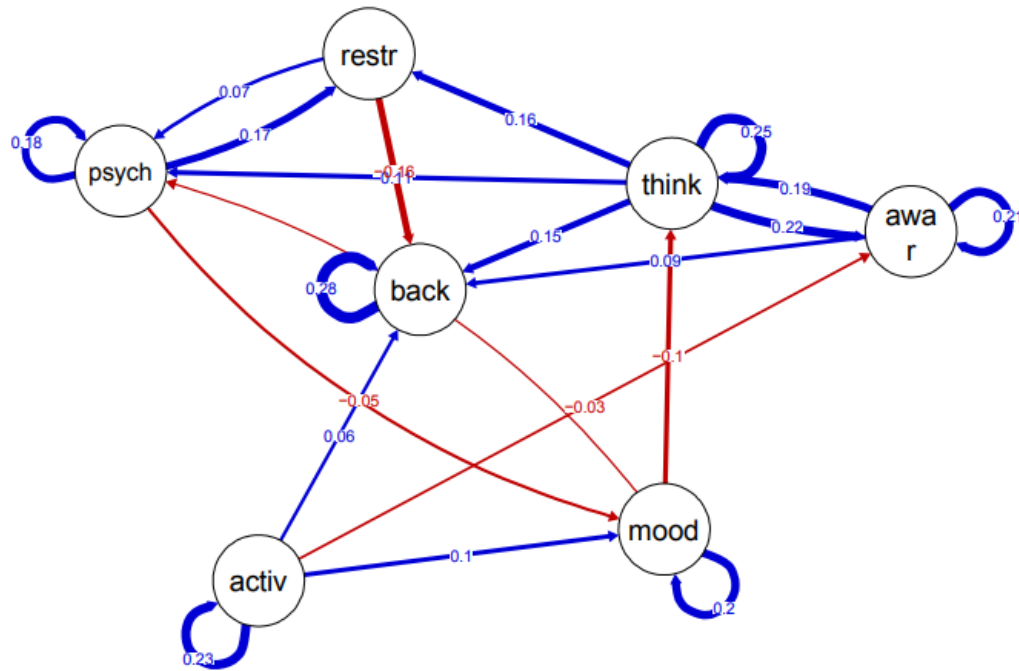
Muž, 42 let. Přijat na skupinovou terapii v pobytovém stacionáři Psychosomatické kliniky v Praze. V současné době na čekací listině. U pacienta se projevovaly následující symptomy: úzkost, nervozita, bušení srdce, ztuhlost, výboje na šíji, rozostřené vidění, náhlá ztráta energie a bolesti nohou, otoky kloubů (diagnostikována revmatoidní artritida, nyní v remisi). Za hlavní spouštěč byla v anamnéze označena pracovní i mimopracovní zátěž. V rozhovoru před spuštěním měření byl seznam symptomů aktualizován. Vzhledem k upravenému pracovnímu režimu se pracovní zátěž povedlo omezit. Situace u mimopracovní zátěže přetrvává v důsledku vážně nemocného blízkého člověka v rodině. Pacient je velice aktivní. Sportuje, věnuje se horské turistice, má dvě zaměstnání. Potíže se začaly projevovat po velké zátěži, která byla spojená s vlastnoruční rekonstrukcí rodinného domu. Významnou roli hrála také stresující a špatně organizovaná práce v jeho tehdejších zaměstnání.



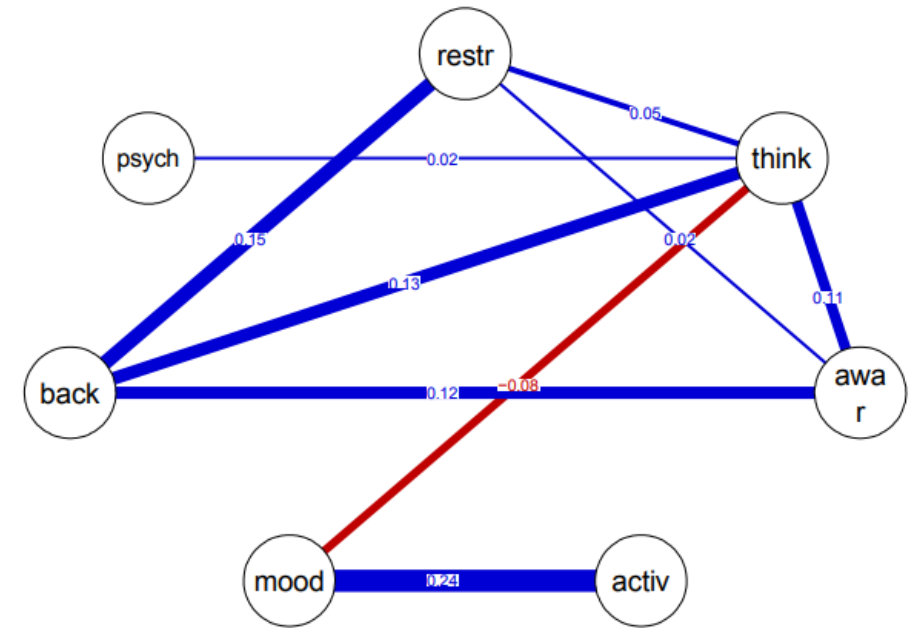
Pacient 2

Žena, 51 let. Přijata na skupinovou terapii do pobytového stacionáře Psychosomatické kliniky v Praze. V době výzkumu byla na čekací listině. Týden po ukončení sběru dat nastoupila do terapie. Mezi klíčové symptomy patří bolesti zad a svalů jako reakce na zátěžové situace. Před započítím sběru dat byl s pacientkou uskutečněn rozhovor pro aktualizaci symptomů a možných spouštěčů. Pacientka při rozhovoru měla silné bolesti zad, nicméně dokázala si nastavit sezení v křesle, abychom dokázali vše potřebné zvládnout.

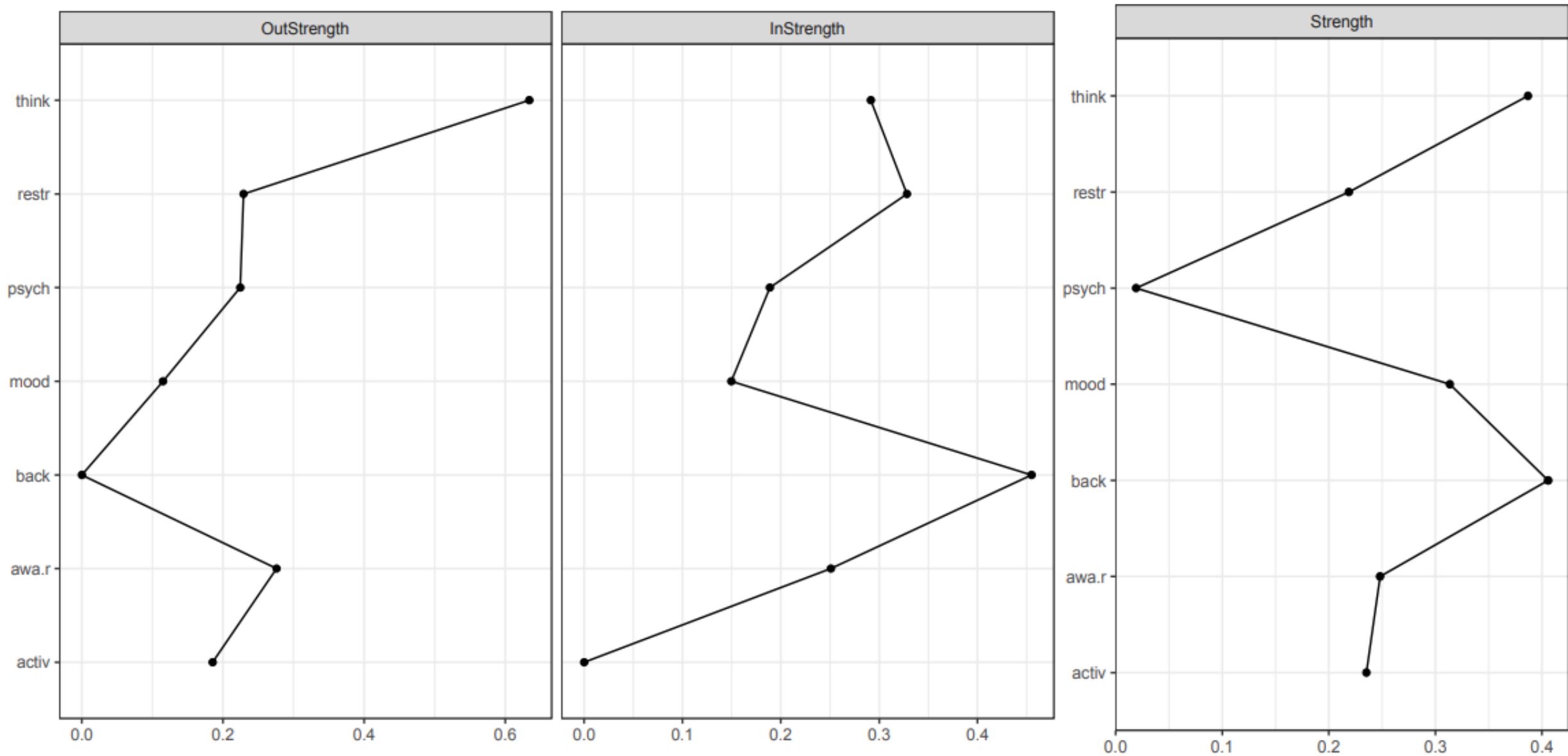
(a3) Prubezná síť detrend a fit



(b3) Soubezná síť detrend a fit



Poznámka. *crp* = mám pocit tlaku v oblasti hrudníku, *restr* = moje tělesné obtíže mi zabraňují dělat to, co chci, *think* = aktuálně myslím na své tělesné obtíže, *awa.r* = právě v tomto okamžiku si všímám, kde v těle co cítím, *stres* = jsem v napětí, *anxi* = mám z něčeho obavy, *activ* = právě se věnuji aktivitě, která mě naplňuje, *mood* = celkově se cítím takto: (vizualizace grafickými znaky s mírou zamračení – úsměvu), *trape* = bolí mě trapézový sval, *back* = bolí mě záda v oblasti beder, *help.r* = aktuálně potřebuji kontakt s jinými lidmi, *psych* = cítím se psychicky vyčerpaná, *muscl* = bolí mě svaly, *nause* = je mi nevolno, *avoid* = vyhýbám se fyzické aktivitě, protože aktuálně šetrím síly, *fatig* = jsem unavená, *Home* = aktuálně jsem doma, *Child* = aktuálně jsem s vnučkou/dcerou.



Software a zdroje

R: [psychonetrics](#), bootnet, graphicalVAR, IsingSampler, NetworkToolbox, qgraph a další

Klikací aplikace: JASP a JAMOVI.

FB self-help group:

<https://www.facebook.com/groups/PsychologicalDynamics/>

On-line zdroje:

- <http://psychosystems.org/>
- <https://psych-networks.com/>