

Tombana momba ny taha-pifindran'ny Covid-19 ao Madagasikara

H.M. Ratsimbarison

Aprily 2020

Ity fanadihadina ity dia vokatry ny fifandraisan'ny olona maromaro tsy ho voatanisa avokoa. Marihana manokana ny namana avy ao @ Centre de Commandement Opérationnel (CCO) Covid-19 Madagasikara, mpikaroka malagasy manadihady ny mety ho fivoaran'ny isan'ireo nifindran'ny Covid-19 ao Madagasikara [5], ny namana miara-namadika ny fikarohan'ilay ekipa alemana (Priesemann et al) hifanaraka amin'ireo antontan'isa ao Madagasikara, ary ireo rahalahy ao amin'ny Fikambanan'i Jesoa.

Ny voambolana siantifika malagasy eto dia nalaina tao amin'ny rakibolan'ny Foibem-pikarohana momba ny fampianarana marika tamin'ny vanim-potoanan'ny fanagasiana [7] ary dika-teny hafa dia amin'ny teny anglisy.

1 Modely SIR

Ny modely SIR dia nampidirin'i Kermack sy McKendrick tamin'ny 1927 ary mbola ampiasana handinihana ny fivoaran'ireo areti-mifindra. Mampiasa ireto isa manaraka ireo ny modely:

- S: Isan'ny olona mety hifindran'ny aretina;
- I: isan'ireo olona voan'ny aretina ary afaka mamindra
- R: isan'ireo olona sady tsy S no tsy I; ny isan'ny mponina N dia: $N = S + I + R$,
- λ : taha-pifindran'ny aretina (isan'ny mety hamindran'ny olona marary iray isan'andro)
- μ : taha-pahasitrana amin'ny aretina (isan'ny "mety ho sitrana amin'ny olona marary iray" isan'andro)

Karazany iray amin'ny modely SIR ny toa izao:

$$R_t - R_{t-1} =: R_t^{vao} := \mu I_{t-1} \quad t : \text{andro}, \quad (1)$$

$$S_t - S_{t-1} =: -I_t^{vao} = -\lambda \frac{1}{N} S_{t-1} I_{t-1} \quad (2)$$

$$I_t - I_{t-1} = I_t^{vao} - R_t^{vao} \quad (3)$$

izany hoe:

- (1) ampahany μI_{t-1} amin'ireo nifandran'ny aretina I tamin'ny fotoana t-1 no manome ireo olona R vaovao (R_t^{vao}) amin'ny fotoana t;
- (2) ampahany $\lambda \frac{1}{N} S_{t-1} I_{t-1}$ miankina amin'ny S sy N no manome ireo voa vaovao (I_t^{vao}) amin'ny fotoana t. NB: $I_t - I_{t-1} \neq I_t^{vao}$, ary heverina fa ireo olona R dia tsy mety hifindran'ny aretina intsony (tsy ho lasa S);
- (3) ny elanelana $I_t - I_{t-1}$ eo amin'ny isan'ny voa amin'ny fotoana t sy t-1 dia manome ny isan'ireo voa vaovao anesorana ny isan'ireo olona R vaovao.

2 Tombana natao

Ny tanjona dia 1) hanombana ny taha-pifindrana λ (estimation) avy ireo antontan'isa hanana momba an'i Madagasikara sy 2) haminavina ny mety ho fivoaran'ny aretina (forecasting) raha mampihatra fepetra vinavina 7 karazany, aloha na aoriana na amin'ny fotoan'ny 15 aprily. Ny antontan'isa nampiasana dia isan'ireo voalaza fa voan'ny Covid-19 isan'andro ao Madagasikara, ny 1 hatramin'ny 15 aprily [4], izay mailoka (curve) miloko manga amin'ny sary B1, D1 sy F1.

Ny Modely SIR nampiasan'ilay ekipa alemana [3] no nampifanarahana amin'ireo antontan'isa momba an'i Madagasikara. Kajy statistika ampiarahana amin'ny programa anaty solosaina no ahafahana manao ny modely-programa [6] nahazoana ireo tombatombana. Mponina 2 000 000 no noraisina satria heverina fa tsy hihotra izay ny isan'ny olona ifindran'ny aretina mandra-pahatongan'ny daty farany napetraka hijerana ny fivoaran'ny aretina.

Ireo vokatra omen'ilay modely dia milaza fa:

- Taha-pifindrana $\lambda = 0,13$ /andro.olona no azo (sary D1) (0, 4 hoan'i Germany nampiasa ny data 1 - 15 marsa).
- misy fahatarana 8 andro eo ny fitiliana sy ny fotoana nitrangan'ny aretina (sary G1).
- Isak'ireo fepetra vinavina 7 nojerena dia misy fiantraikany izay hita amin'ny sary B2, D2 ary F2 amin'ny lokony 7 samihafa ary 95% no taha mety ahitana tombana anaty ireo bandy (bande) samihafa.
- ny fanenjanana ireo fepetra efa nisy tamin'ny 15 aprily dia tsy hanova firy ny fitomboan'ny isan'ireo voa ao anatin'ny 7-8 andro manaraka (sary B2 sy D2) ary tombanana mbola hiakatra ny isan'ireo voa ao anatin'ny 7-8 andro manaraka (sary B2, D2 ary F2).
- tsy manova firy ny isan'ireo voa na mihatra haingana sy miadana ny mampihatra fepetra tena henjana (sary F2).
- voafetra ilay modely amin'ny fanombanana ny isan'ireo voa vaovao I_t^{vao} (sary A1 sy C1) satria mivoaka amin'ny bandy miloko (bandy fanombanana) ireo antontan'isa anana. Azo ianteherana anefa izy raha ny tombana momba ny isan'ireo voa rehetra I_t^{vao} satria betsaka no tafiditra ao amin'ny bandy fanombanana. Misy modely SIR karazany hafa azo hanatsara izany [2] na koa azo atao no nampiasa ny antontan'isa momba ireo fitiliana natao hatrizay.

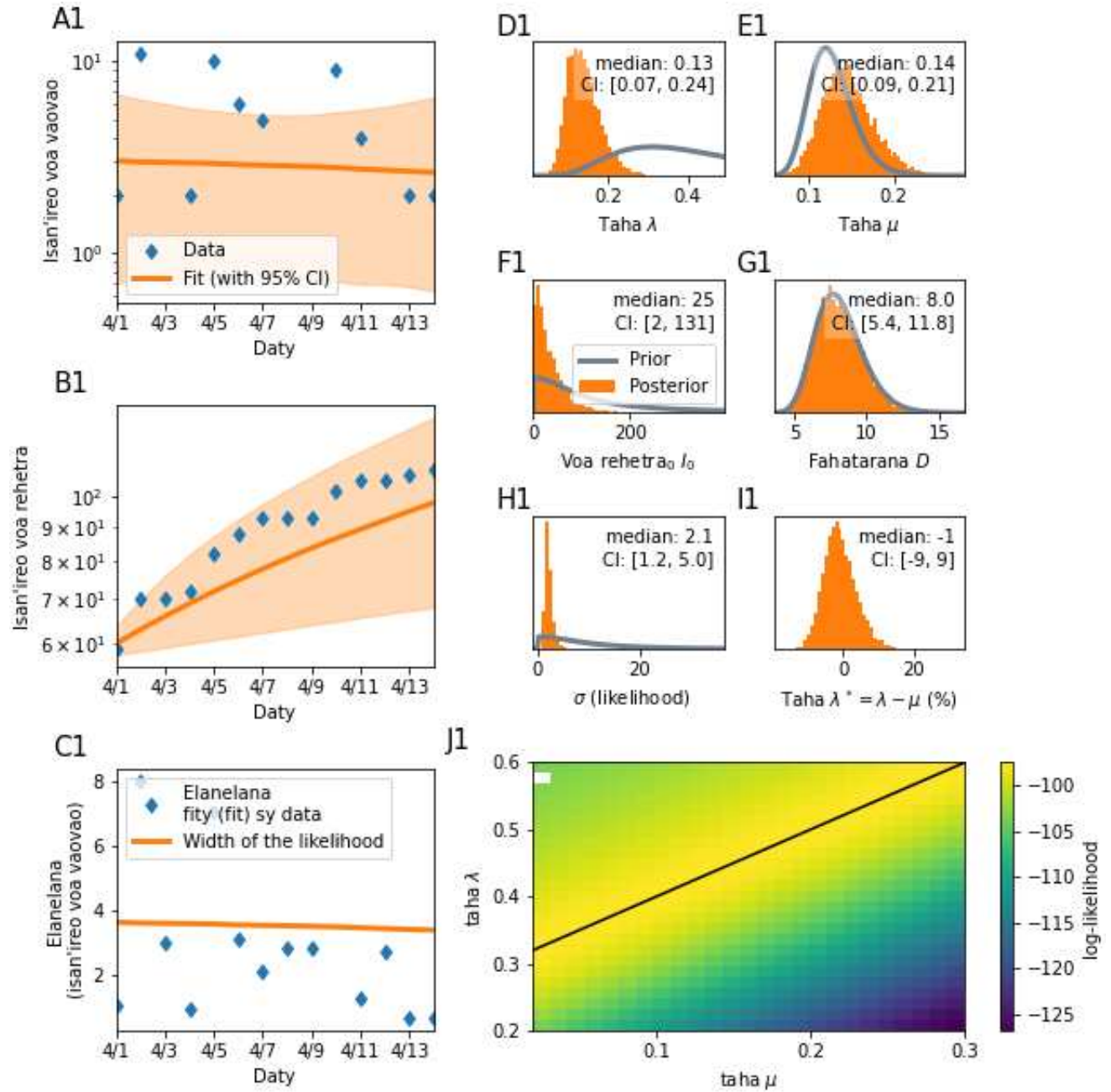
3 Fanontaniana

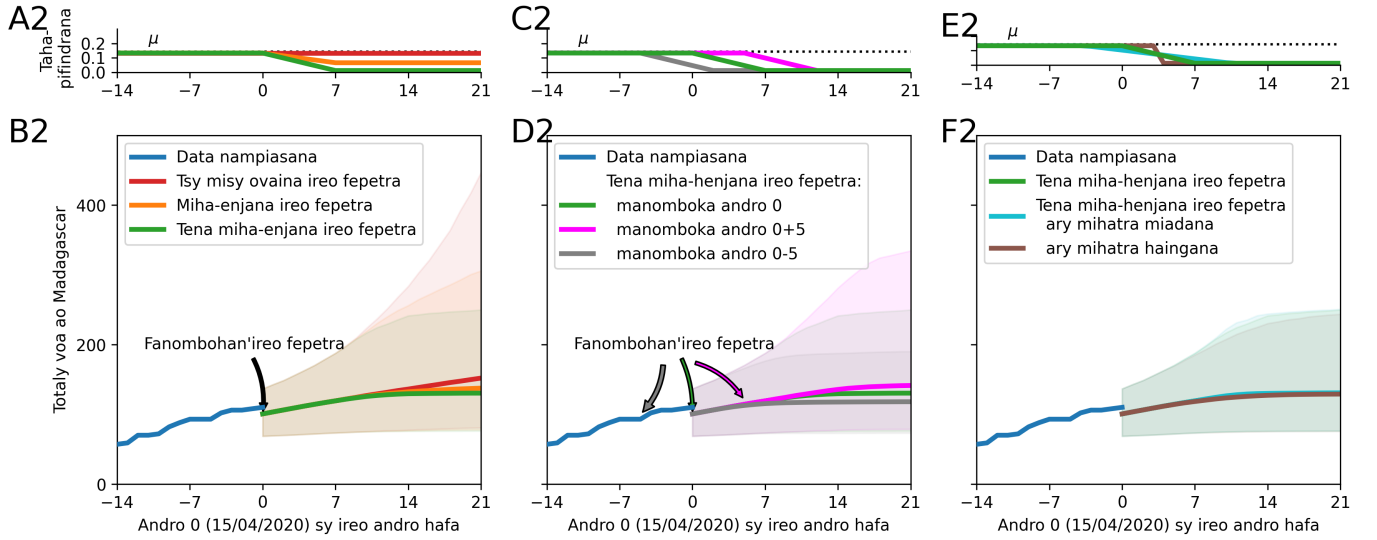
- F1. Misy habe fara-fahakeliny ve ireo isa S, I na R amin'ny modely SIR vao mitombona ny vokatra omeny?
- F2. Inona avy ireo antonta nampidirina tamin'ity modely ity? Nampidirina ve ny fotoana fiotrehan'ny aretina (incubation period)?
- F3. Inona no antontan'isa tsara ampiasana?
- F4. Ahoana no nahazoan'ny $\lambda = 0.13$? Ary firy ny taha-pahadisoany (margin error/confidence interval)?
- F5. Manao ahoana ireo taha-pahadisoana momba ireo sary vinavina (forecasting curves)? Hatraiza ny fetran'ireo vinavina?

4 Valiny

4.1 Valiny hoan'ny F1.

Raha ny fomba nanamboarana ireo fimiràna (equations) (1, 2, 3) ireo dia tsy misy fepetra manokana momba ny haben'ireo isa S, I na R. Na ny fanamboarana ireo fampimiràna mielana (differential equations) hoan'ny modely SIR koa dia tsy mitaky habe manokana.





4.2 Valiny hoan'ny F2.

Ireo antonta nampidirina:

- antontan'isa (daty, isa I) hoan'i Madagasikara manomboka ny 1 hatramin'ny 15 aprily;
- daty hanombohan'ny fanamodiana (simulation): 16 marsa
- isan'ny andro anomezana vinavina (num_days_to_predict): 28 andro
- isan'ny mponina: 2,000,000 satria heverina fa tsy hihoatra izay ny isan'ny olona ifindran'ny aretina mandra-pahatongan'ny daty farany napetraka hijerana ny fivoaran'ny aretina.
- tsy nampiditra fotoana fiotrehan'ny aretina

4.3 Valiny hoan'ny F3.

Raha ny CCO no ahazoan'ny hafa rehetra ireo antontan'isa momba an'i Madagasikara dia ny azy ihany no ampiasana. Ilay antontan'isan'ny John Hopkins University ([4]) dia tsy manala ireo sitrana amin'ny isa I tamin'ny daty 15 aprily ka noho izany mandiso ny zava-misy ny fampiasana io antontan'isa io.

4.4 Valiny hoan'ny F4.

Kajy statistika Monte-Carlo Markov Chain (MCMC) mivady amin'ilay modely SIR no ampiasana ahazoana ny tombana @ λ ka izao ireo dingana arahina:

- Dingana 1. ireo antontan'isa ananana momba ny isan'ireo voa I_{data} dia manome sary, antsoina hoe $SARY(I_{data})$ manomboka ny daty fanombohana d_0 sy daty famaranana Andro 0 (jereo sary B2, D2, F2)
- Dingana 2. ny modely SIR miaraka @ parameters $(N, \lambda, \mu, S_0, I_0)$ dia mamoka sary $SARY(I_t)$ hoan'ny isa I rehefa omena habe (values) ireo parameters N, λ, μ, S_0 ary I_0 ;

- Dingana 3. S_0 (na koa I_0) dia haben'ny S (na koa I) hoan'ny daty d_0 ; ize ireo dia omen'ny antontan'isa ananana amin'ny fanadihadina. Ny parameter N koa dia efa voalaza ny fomba ifidianana ny habeny;
- Dingana 4. isaky omena habe ny λ sy μ dia mahazo sary $SARY(I_t|\lambda, \mu)$ hoan'ny isa I
- Dingana 5. maka habe karazany maro hoan'ny λ sy μ , izany hoe mamoka $SARY(I_t|\lambda, \mu)$ maro, mety afaka manakaiky ny $SARY(I_{data})$
- Dingana 6. mandrefy ireo elanelana eo amin'ny $SARY(I_t|\lambda, \mu)$ sy $SARY(I_{data})$ sy mampiditra fetra afa-hana manivana miandalana ireo habe hoan'ny λ sy μ ,
- Dingana 7. ny elanelana ao amin'ilay programa dia mampiasa ilay likelihood Student distribution manana parameter σ (amin'ny sary H1) ary ny fetra dia refy kely tsy tokony hioharan'ny elanelana. Eto amin'ity modely ity dia 5% amin'ny halavan'ireo elanelana azo, ary antsointsika hoe fetra(5%);
- Dingana 8. Eo akaikin'ilay median hoan'ny λ sy μ hita eo amin'ireo sary D1 sy E1 no misy habe maro manome elanelana anisan'ny kely indrindra ary ny fari-pahatokisana (confidence interval) CI omena amin'ireo sary D1 sy E1 dia ny faritr'ireo haben'ny λ sy μ mbola tafiditra anaty fetra(5%).

4.5 Valiny hoan'ny F5.

Ireo bandy miloko manodidina ireo mailoka vinavina (forecasting curves) dia faritr'ireo habe I mbola tafiditra anaty fetra(5%) raha manao vinavina. Misy mbola mampisalasa koa ny mampitombona ny fahatarana D azo satria tsy mifanalavitra amin'ny D hoan'i Germany.

5 Fanamarihana

Mbola betsaka ireo fanavaozana azo ampidirina amin'ity modely ity satria mbola tsy voafehy tsara ireo elanelana ampidirana amin'ilay fanivanana statistika MCMC. Misy mbola mampisalasa koa ny mampitombona ny fahatarana D azo satria tsy mifanalavitra amin'ny D hoan'i Germany.

Lahatsoratra nampiasana

- [1] Maplesoft. *An epidemic model: The SIR model*. Nojerena tamin'ny Aprily 2020. <https://www.maplesoft.com/>
- [2] Jonas Dehning et al. *Inferring COVID-19 spreading rates and potential change points for case number forecasts*. Tranokala Arxiv: 10 Aprily 2020. <https://arxiv.org/pdf/2004.01105.pdf>.
- [3] Ekipa Priesemann. *Bayesian inference and forecast of COVID-19*. Tetik'asa Github: covid19_inference_forecast. Nojerena tamin'ny Aprily 2020, https://github.com/Priesemann-Group/covid19_inference_forecast/blob/master/scripts/paper/Corona_germany_simple_model.ipynb.
- [4] Johns Hopkins University Center for Systems Science and Engineering. *2019 Novel Coronavirus COVID-19 (2019-nCoV) Data Repository*. Tetik'asa Github: CSSEGISandData/COVID-19. Nojerena tamin'ny Aprily 2020, <https://github.com/CSSEGISandData/COVID-19>.
- [5] Stephan Narison. *The First Month Spread of COVID-19 in Madagascar*. Aprily 2020. Tranokala medRxiv: 27 Aprily 2020. <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.04.23.20076463v1.full.pdf>.

- [6] H. Mahasedra Ratsimbarison. *Fanombanana sy Covid-19 araky ny modely Priesemann et al.* Tetik'asa Github: `herysedra/covid19-mankaiza-clone`. Aprily 2020, <https://github.com/herysedra/covid19-mankaiza-clone>.
- [7] Foibem-pikarohana momba ny fampianarana marika. *Voambolana ambaratonga II dingana I, II sy am-bony*. Ministeran'ny fanabeazam-pirenena sy ny raharaha ara-kolon-tsaina, Sampan-draharaha momba ny Fampiarana ambaratonga faharoa: Febroary 1973.