



面向SCAM模式的参数优化 workflow

吴利 2019/01/17



目录

1 SCAM 模式及其常用案例介绍

2 面向地球系统模式的参数优化框架

3 SCAM模式的参数优化 workflow

4 SCAM参数优化 workflow 模块及其接口信息



SCAM模式介绍

SCAM 模式 : The NCAR single column CAM (SCAM) is a one-dimensional time dependent model in which the local time-rate-of-change of the large-scale state variables (e.g., temperature, moisture, momentum, cloud water, etc.) depends on specified horizontal flux divergences, a specified vertical motion field (from which the large-scale vertical advection terms are evaluated), and subgrid-scale sources, sinks and eddy transports.

SCAM 常用案例

● ARM95 case 修改 drv_in:

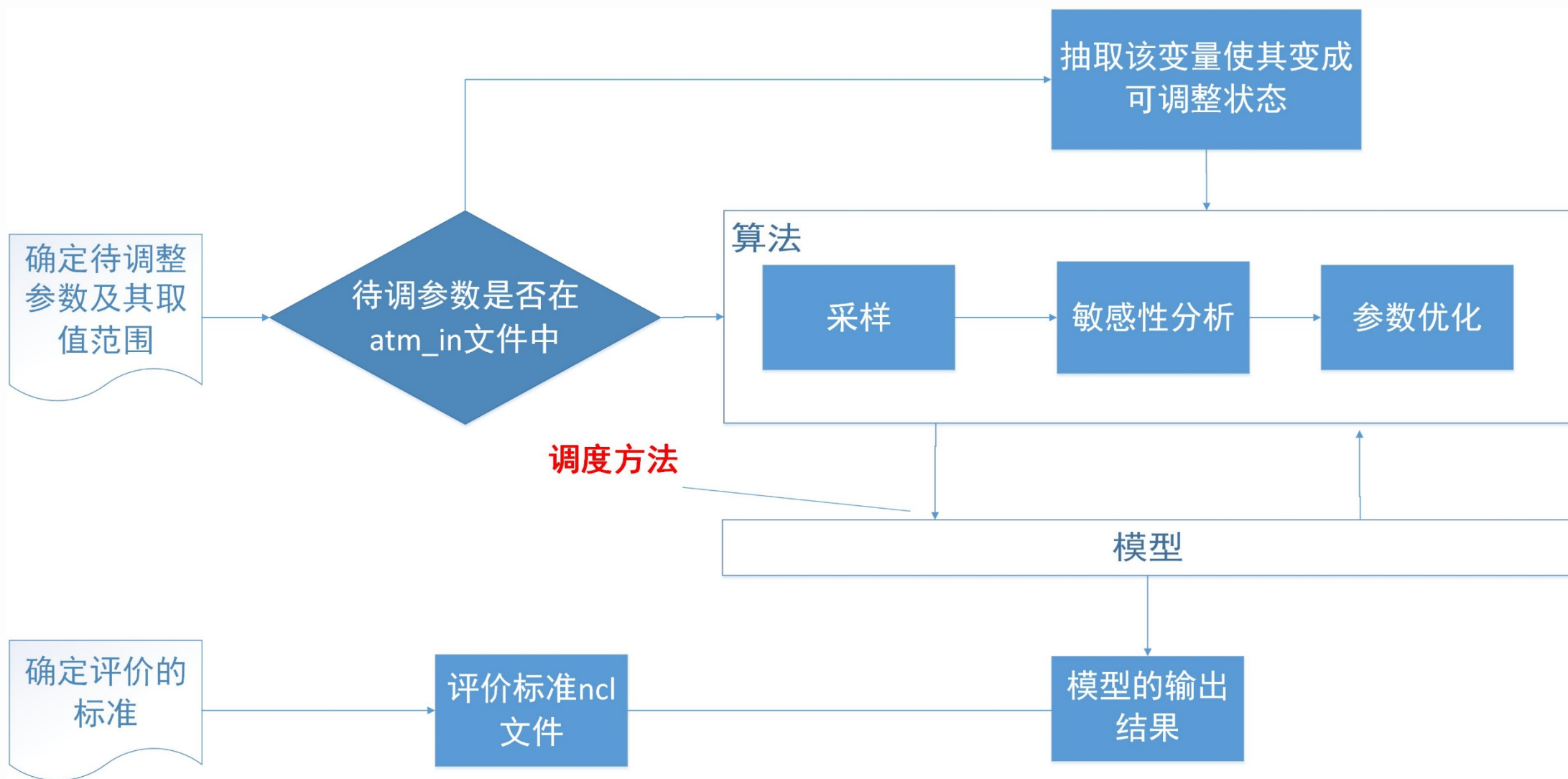
scmlat = 36.605
scmlon = 262.515
start_ymd = 19950719
stop_n = 15
stop_option = 'ndays'

● TWPICE case 修改 drv_in:

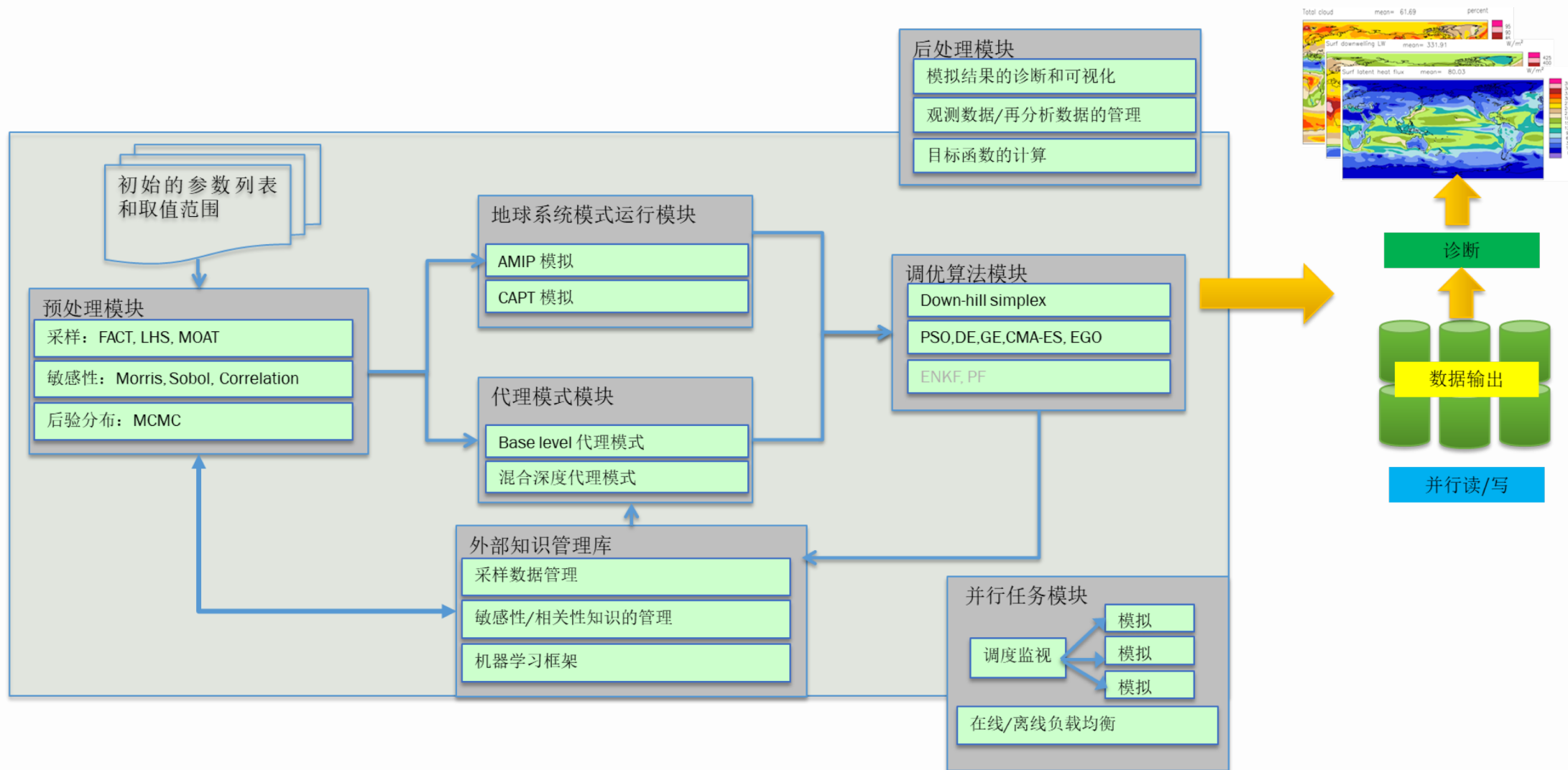
scmlat = -12.425
scmlon = 130.891
start_ymd = 20060118
stop_n = 25
stop_option = 'ndays'



SCAM参数优化 workflow



面向地球系统模式的自动参数优化框架



输入参数和评价标准设计

Table 1. Parameters to be adjusted

Parameter	Range	Default
zmconv_c0_lnd	2.95e-3 ~ 8.85e-3	5.9e-3
zmconv_c0_ocn	0.0225 ~ 0.0675	0.045
zmconv_tau	1800 ~ 5400	3600
cldfrc_rhminh	0.6 ~ 0.9	0.8
cldfrc_rhminl	0.8 ~ 0.95	0.8975
cldsed_ai	300 ~ 1100	700

Table 2. Atmospheric fields included in the evaluation metrics and their sources

Variable	Full Name	OBS
LWCF	Longwave cloud forcing	CERES-EBAF
SWCF	Shortwave cloud forcing	CERES-EBAF
PRECT	Total precipitation rate	GPCP
Q850	Specific Humidity at 850hPa	NCEP
T850	Temperature at 850hPa	NCEP

$$(\sigma_m^F)^2 = \sum_{i=1}^I w(i) (x_m^F(i) - x_o^F(i))^2$$

$$(\sigma_r^F)^2 = \sum_{i=1}^I w(i) (x_r^F(i) - x_o^F(i))^2$$

$$\chi^2 = \frac{1}{N^F} \sum_{F=1}^{N^F} \left(\frac{\sigma_m^F}{\sigma_r^F} \right)^2$$

x_m^F 是当前模型的输出, x_o^F 为对应的观测数据, x_r^F 是默认参数对应的输出结果, N^F 所选输出变量的个数 ω 是全球网格权重



常用的采样方法-MOAT

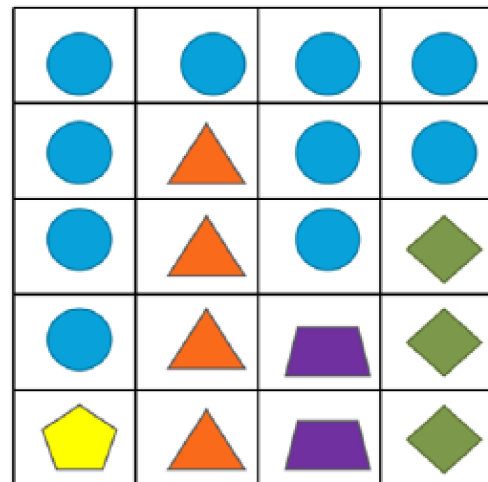
莫里斯一次变一 (Morris One-At-a-Time, MOAT) 是常用于 Morris 全局敏感性方法对应的采样方法。该采样方法每次基于当前样本仅随机扰动样本的一个变量, 同时其他变量保持不变。具体采样过程如下:

(1) 设采样参数 k 个, 随机生成一个样本 $S1 = \{x_1, x_2, \dots, x_k\}$

(2) 下一个样本的生成是在当前样本的基础上仅随机扰动某一个变量的取值即为 $S2 = \{x_1, x_2, \dots, x_i + \Delta, \dots, x_k\}$, 且已被扰动的变量不再重复被扰动

(3) 以此递推, 直至所有变量全部扰动。

以上为一次完整的 MOAT 采样过程, 每次 MOAT 采样都会生成个样本。每生成 $K+1$ 个样本, 称为一条路径 (trajectory)



MOAT 采样过程示意图



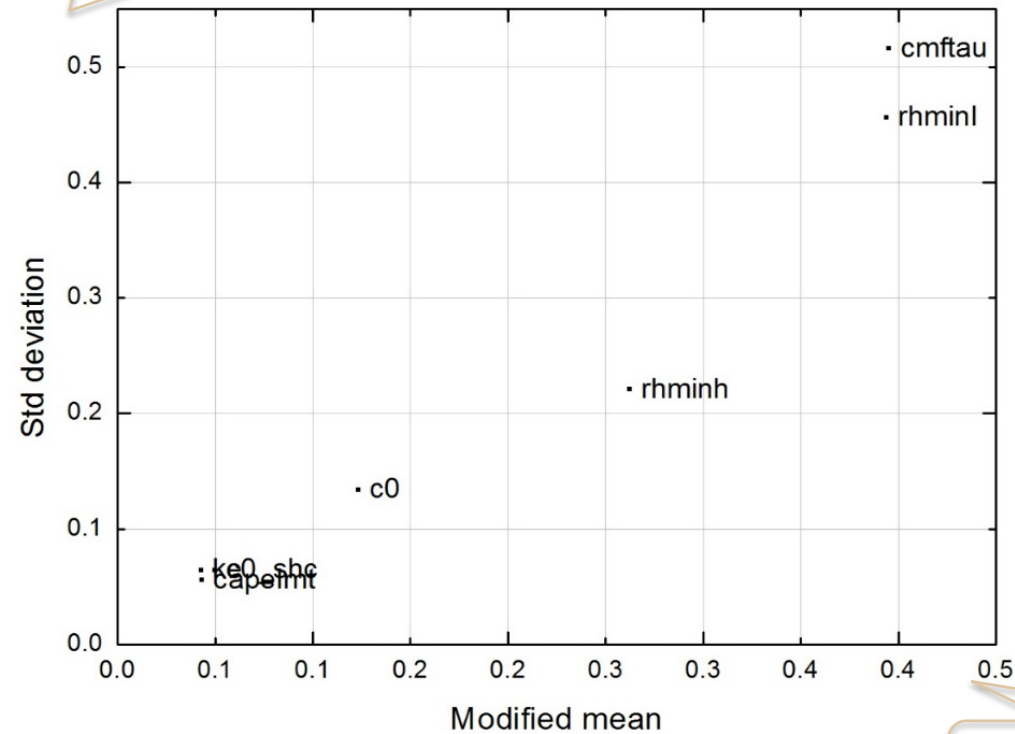
常用的敏感性分析方法-Morris

参数的交互敏感性

$$d_i = \frac{f(S_2) - f(S_1)}{\Delta_i},$$

$$\mu_i = \sum_{t=1}^r \frac{|d_i(t)|}{r};$$

$$\sigma_i = \sum_{t=1}^r \sqrt{(d_i(t) - \mu_i)^2 / r}.$$



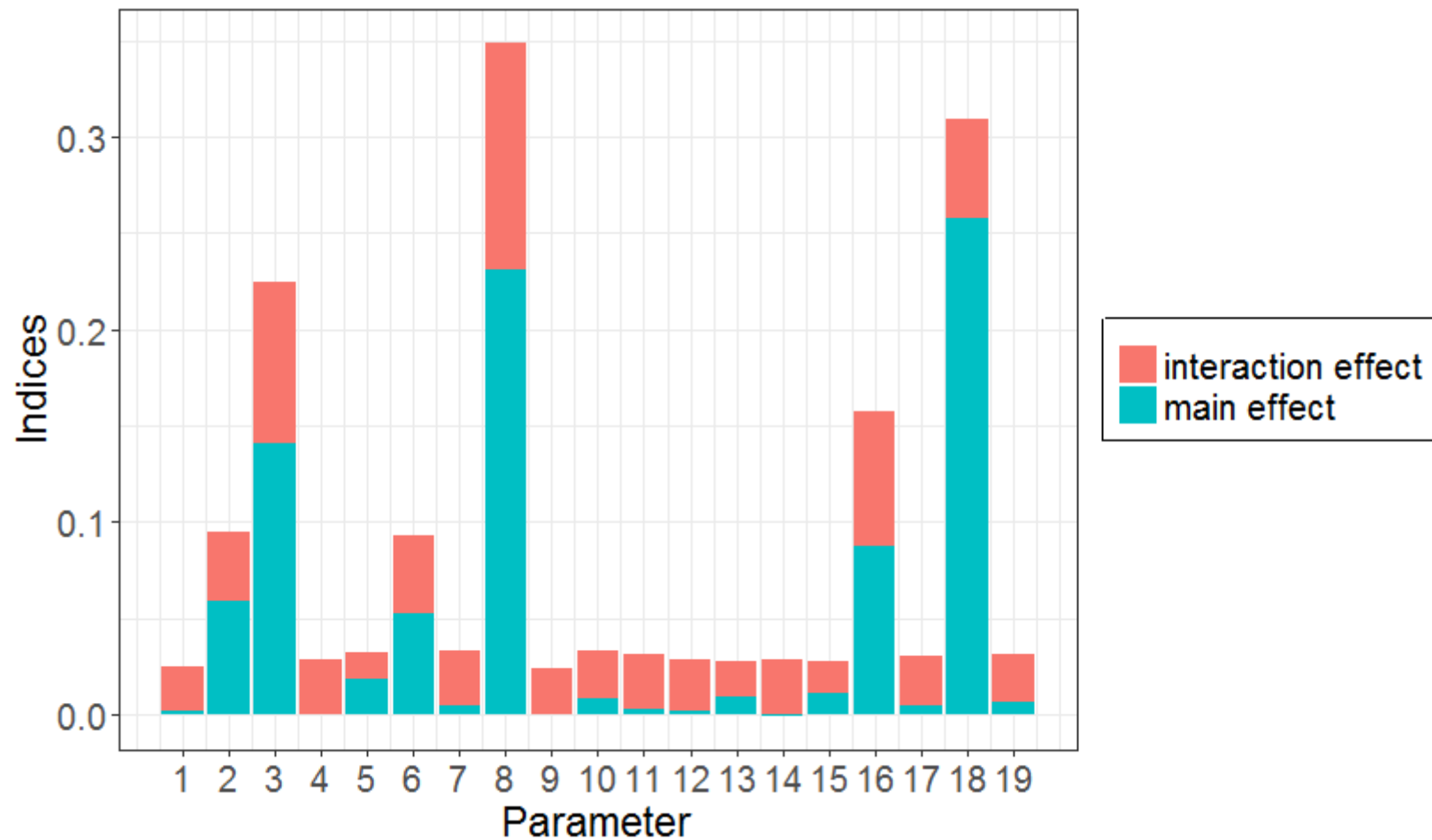
参数的独立敏感性



常用的敏感性分析方法-Sobol

$$V = \sum_{i=1}^n V_i + \sum_{1 \leq i < j \leq n} V_{ij} + \dots + V_{1,2,\dots,n}$$

$$S_{T_i} = 1 - \frac{V_{-i}}{V}$$

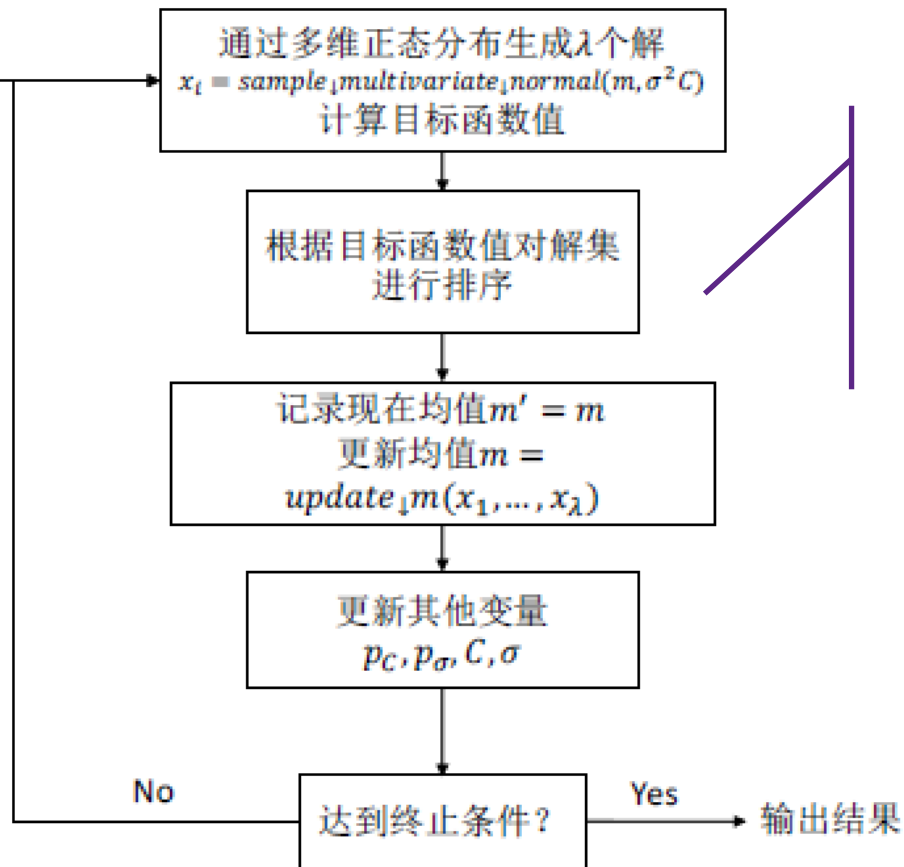


Screening results of Sobol' for SCAM



常用优化算法 - CMA-ES算法

CMA-ES是通过高斯分布来生成新解得，需要首先初始化均值 m , 协方差矩阵 C 和参数 σ 及变化因子 p_C, p_σ 及每代产生新解的个数 λ



CMA-ES 算法是一种随机进化算法。子代是通过在多维正态分布 $N(m, C)$ 中抽样产生，通过更新均值和协方差矩阵来不断逼近最优解



附：参数优化 workflow 及其接口信息

1. Model Run

atm_in (parameters and IOP data) / run-model.sh

2. Metrics

get_metrics.sh / cal_mcpincl

3. Optimization

Sample / sensitivity analysis / optimization

*运行环境所需要的软件和库：NetCDF库、NCL、NCO、SALib、Python 等



谢谢大家，请批评指正！

吴利 2019/01/17

