

# Коллатеральная информация в психометрике

Федерякин Д.А.,

Углова И.Л.

Центр психометрики и измерений в образовании

Института образования НИУ ВШЭ

Москва, 2020

# Целевая и коллатеральная информация

Целевая информация (индикаторы конструкта)	Коллатеральная информация
Теоретически обоснована	Любая
Существуют предварительные ожидания о ней перед применением статистического моделирования	Не имеет предварительных ожиданий перед применением статистического моделирования
Выбирается на основе теоретической модели конструкта	Выбирается на основе удобства сбора и обработки
Определяет интерпретацию результатов	Её вклад в измерение конструкта определяется моделью

Коллатеральная информация внедряется в модель для того, чтобы снизить ошибку измерения и уменьшить неопределенность в оценках параметров = повысить надежность (Wang, Chen, Cheng, 2004). Разница между коллатеральной и целевой информацией может зависеть от используемой модели и фокуса интереса исследователя.

# Классификация коллатеральной информации

- По типу природы данных (De Voeck, et al., 2011), коллатеральную информацию можно разделить на:
  - Информацию о респондентах
  - Информацию о заданиях
  - Информацию о взаимодействии респондентов и заданий
    - Информация о процессе решения заданий
    - Стратегия решения заданий
    - Время ответа



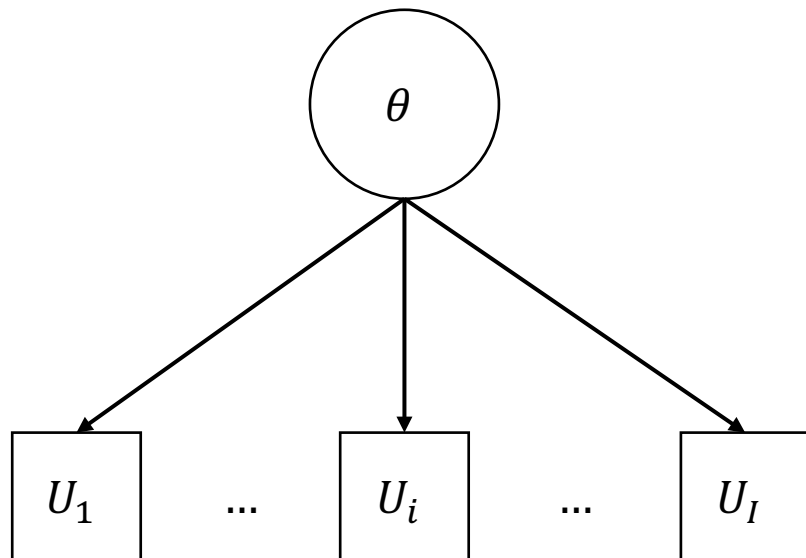
# Обозначения

- $p \in (1, \dots, p, \dots, P)$  – индекс респондента (person) номер  $p$
- $i \in (1, \dots, i, \dots, I), g \in (1, \dots, g, \dots, G)$  – индекс задания (item) номер  $i (g)$
- $r \in (1, \dots, r, \dots, R)$  – индекс рейтера (rater) номер  $r$
- $t \in (1, \dots, t, \dots, T)$  – индекс волны измерения (time) номер  $t$
- $k \in (1, \dots, k, \dots, K)$  – индекс компонента задания (component) номер  $k$
- $s \in (1, \dots, s, \dots, S)$  – индекс стратегии (strategy) решения задания  $i$  номер  $s$
- Латентные характеристики респондента  $p$ 
  - $\theta_p$  – способность (в случае отсутствия подстрочного индекса, маргинализована до распределения по респондентам)
  - $\eta_p$  – изменение в способности к моменту времени  $t = 2$
  - $\tau_p$  – быстрота
- Латентные характеристики задания  $i$ 
  - $\delta_i$  – трудность
  - $\lambda_i$  – факторная нагрузка времени решения
  - $\kappa_i$  – математическое ожидание времени решения
- Латентные характеристики рейтера  $r$ 
  - $\xi_r$  – строгость
- $U(Y)_{pisr}$  – наблюдаемый балл респондента  $p$  по заданию  $i$  при использовании стратегии  $s$  при проверке рейтером  $r$  (в случае отсутствия подстрочного индекса, маргинализован до распределения по респондентам)
- $T_{pi}$  – наблюдаемое время решения респондентом  $p$  по задания  $i$
- $\Sigma$  – матрица ковариаций
- $C_p$  - класс респондента  $p$
- $Z$  – коллатеральная информация
- Кругами показаны ненаблюдаемые параметры или центрированные распределения
- Квадратами показаны наблюдаемые переменные
- Двухнаправленными стрелками показаны корреляции
- Однонаправленными стрелками показаны регрессионные или каузальные зависимости
- Черным цветом выделены тривиальные модельные взаимосвязи
- Красным цветом выделены взаимосвязи с коллатеральной информацией

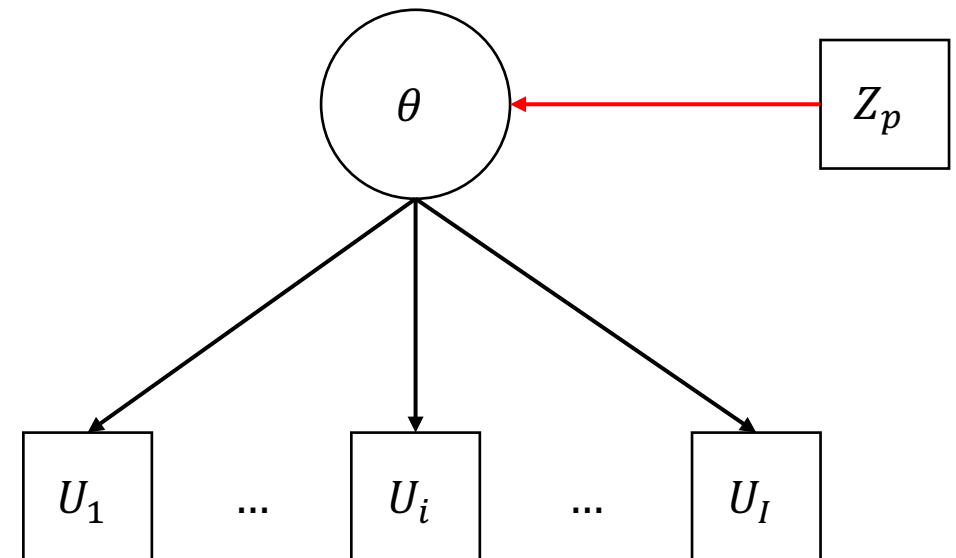
# Примеры коллатеральной информации о респондентах

- Информация, используемая в для латентной регрессии:
  - социально-демографическая информация о респондентах
  - данные анкетных опросов: conditioning в МСИ

Обычные IRT-модели

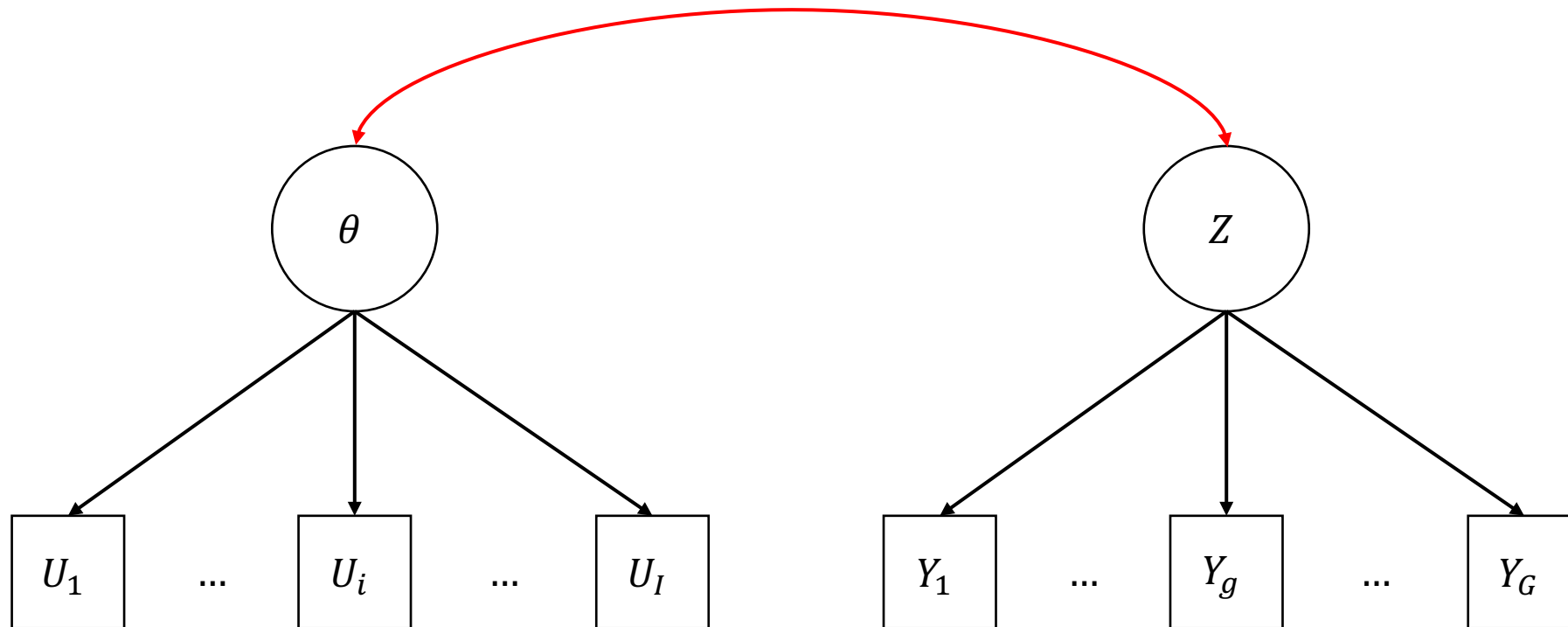


IRT-модели латентной регрессии



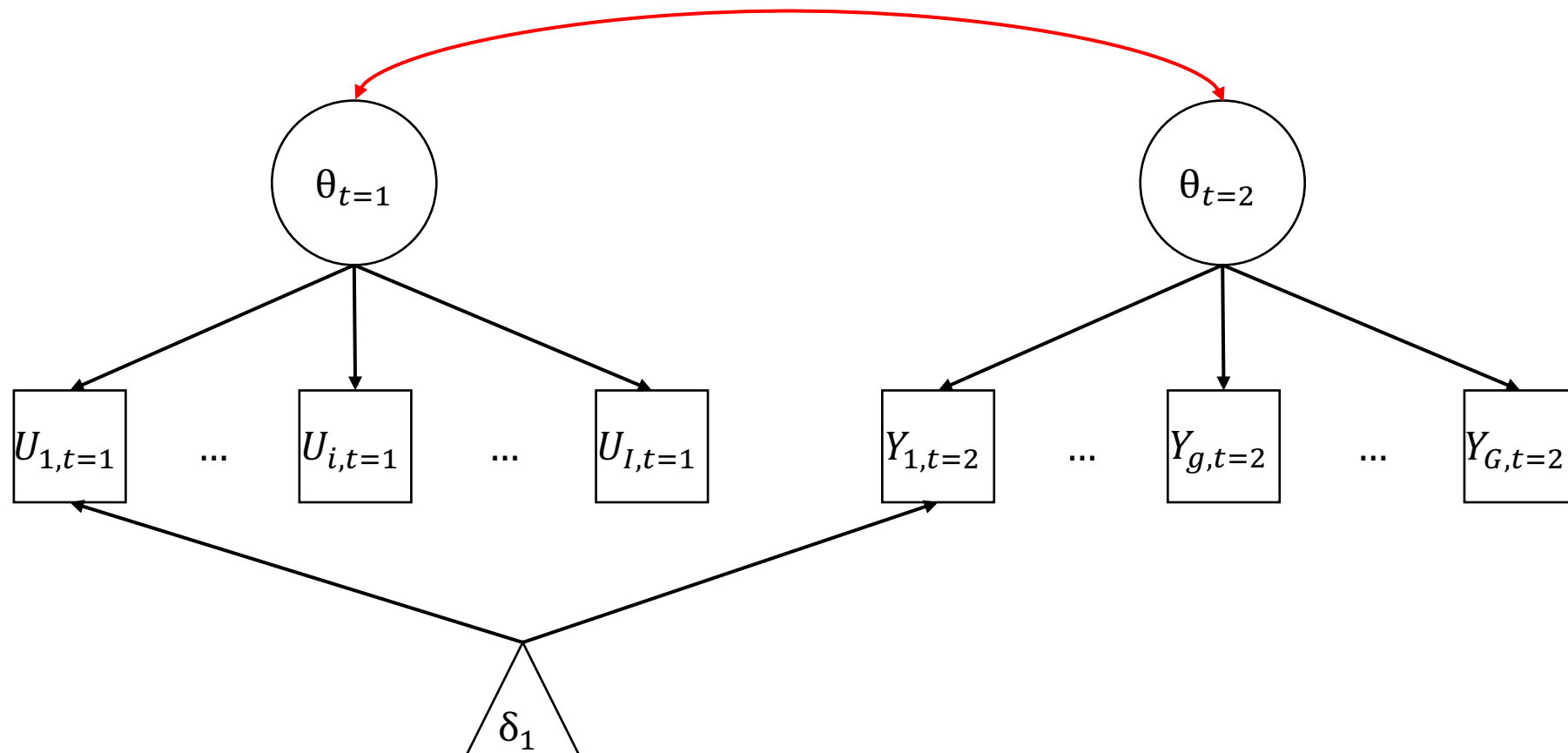
# Примеры коллатеральной информации о респондентах

- Другие латентные характеристики респондентов



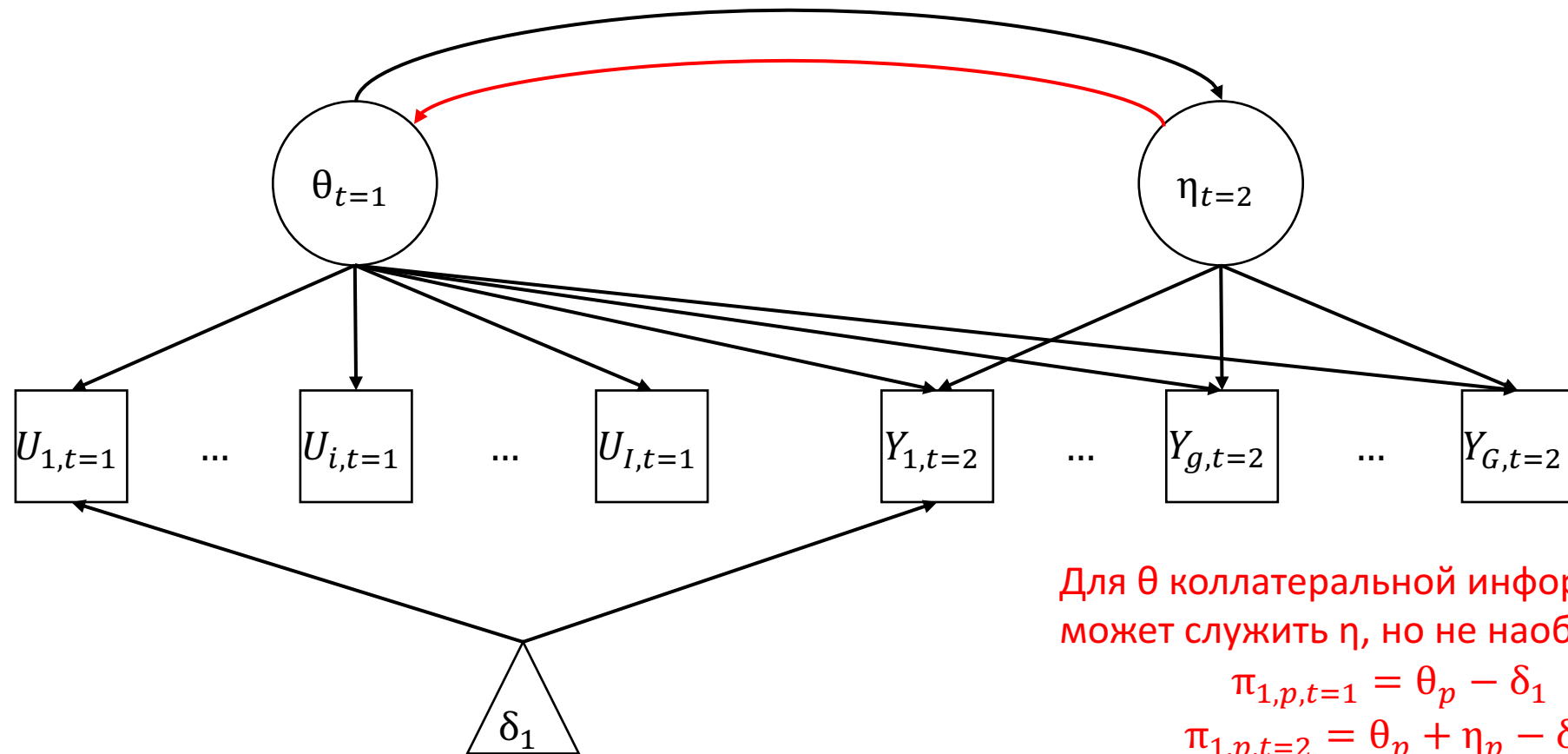
# Примеры коллатеральной информации о респондентах

- **Результаты предыдущих измерений** (Andersen, 1985)



# Примеры коллатеральной информации о респондентах

- Результаты предыдущих измерений (Emberson, 1991)



Для  $\theta$  коллатеральной информацией может служить  $\eta$ , но не наоборот:

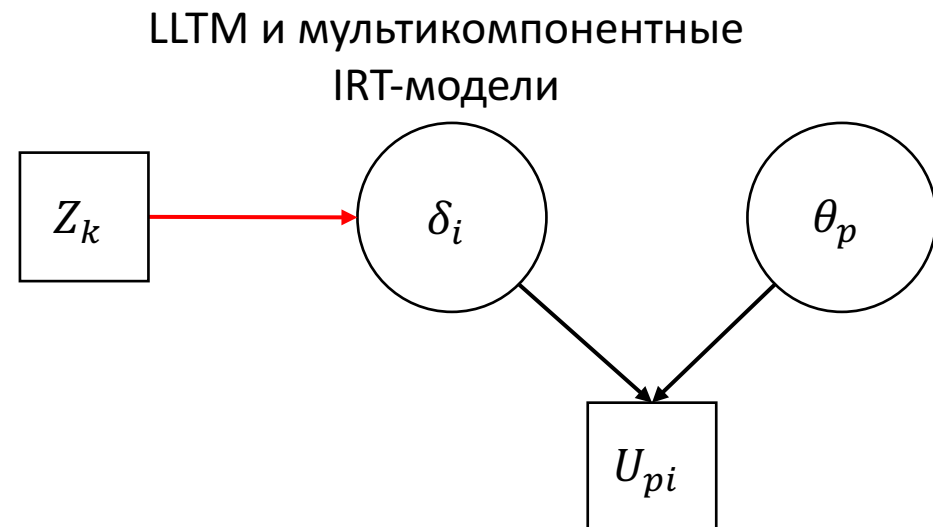
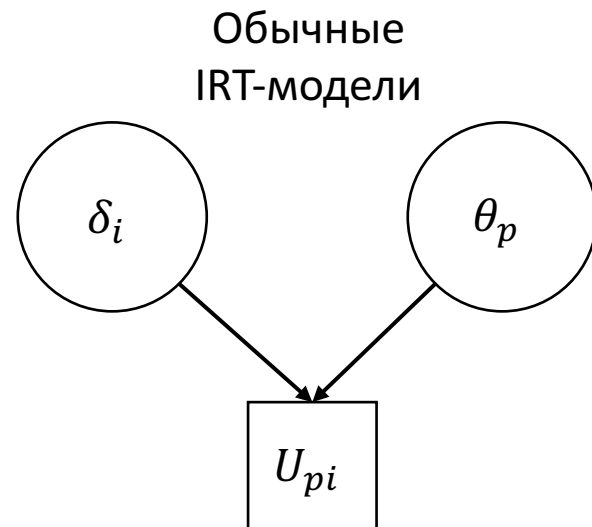
$$\pi_{1,p,t=1} = \theta_p - \delta_1$$

$$\pi_{1,p,t=2} = \theta_p + \eta_p - \delta_1$$



# Примеры коллатеральной информации о заданиях

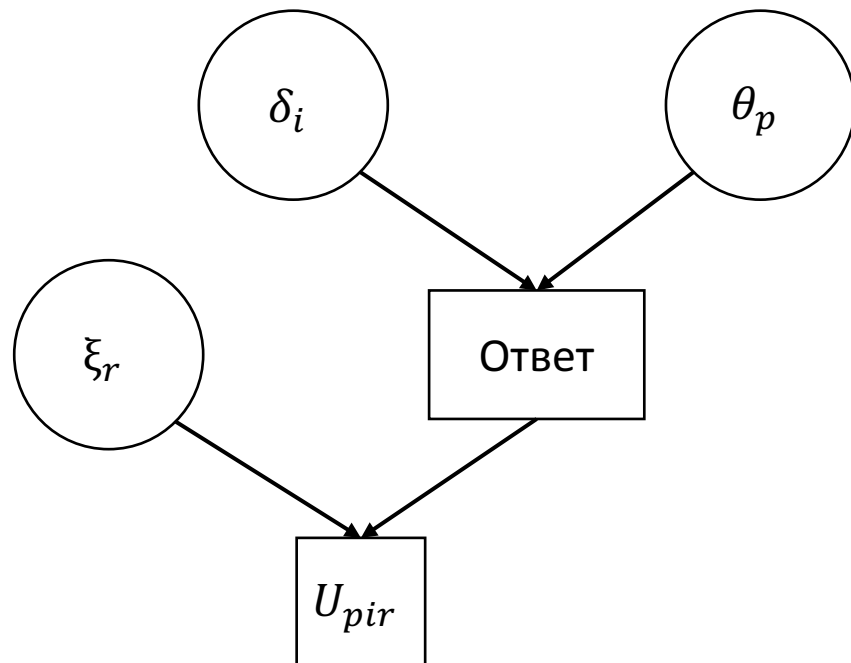
- Информация для LLTM-моделей (Fischer, 1982; Fischer, Formann, 1983; Embretson, 1984):
  - содержание заданий и когнитивные операции, необходимые для их решения
  - **компоненты заданий, которые важны для их автоматической генерации**
  - **эффект позиции задания в тесте**
  - **способ презентации информации**



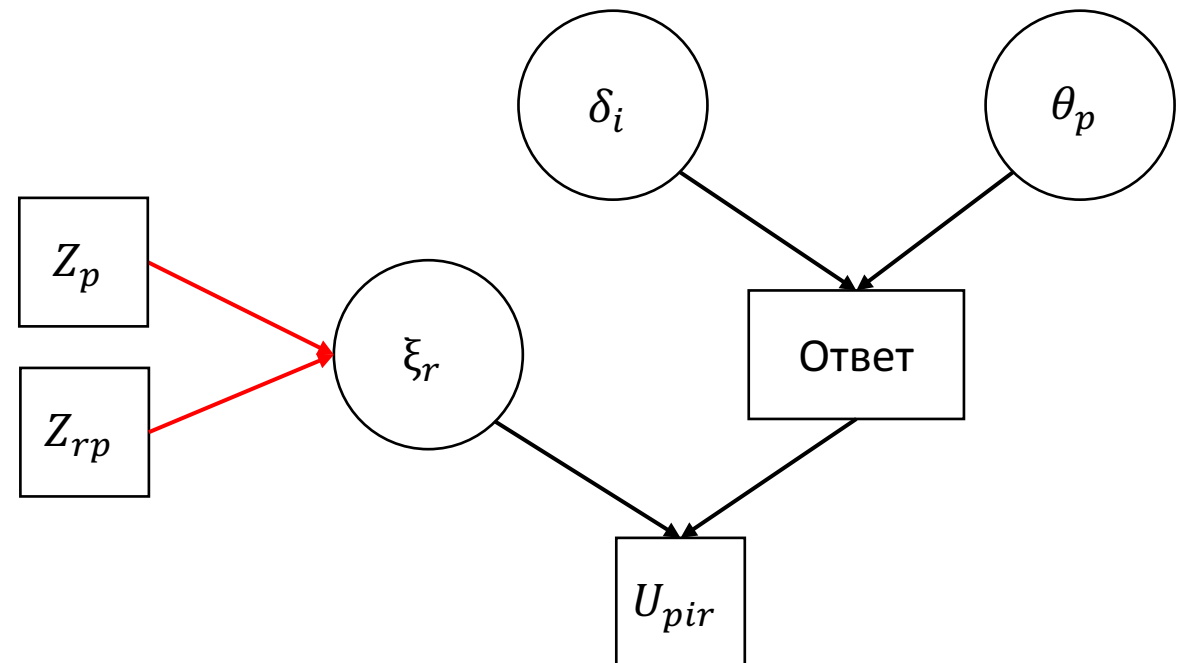
# Примеры коллатеральной информации о заданиях

- Многофасетные IRT-модели для анализа процедуры проверки (Linacre, 1990; Dobria, 2008):
  - характеристики респондентов, заданий и рейтеоров
  - время дня
  - компоненты ситуации проверки работы

Обычные многофасетные IRT-модели



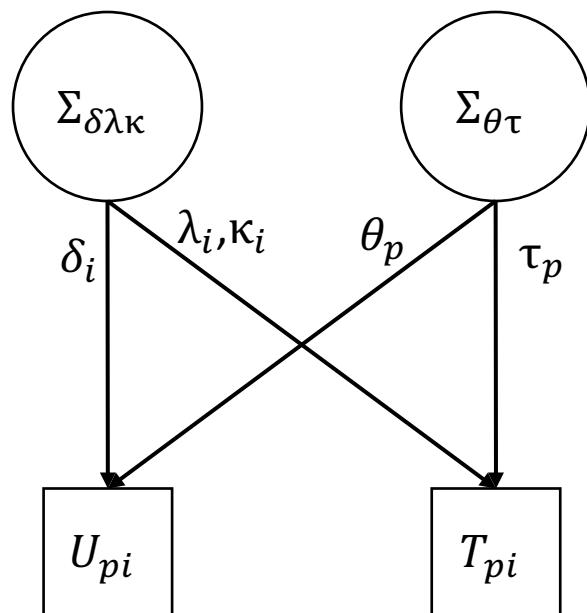
Многофасетные IRT-модели для анализа процедуры проверки



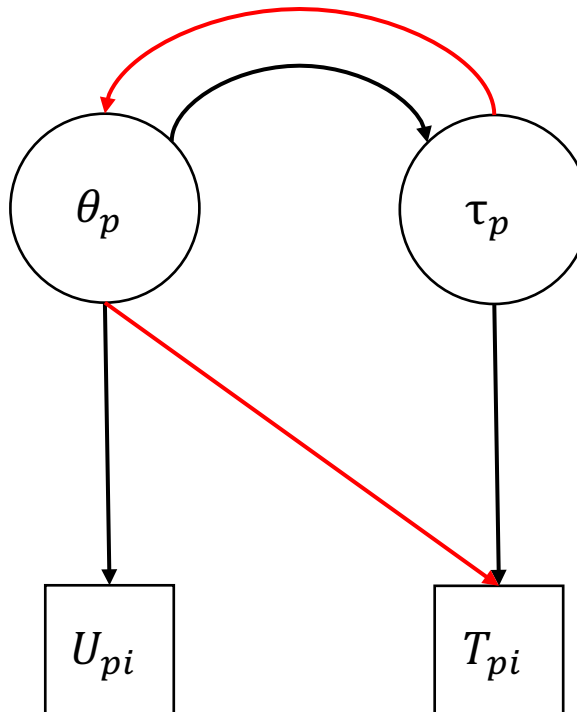
# Примеры коллатеральной информации о взаимодействии респондентов и заданий

- Модели для **времени ответа** (Molenaar, Tuerlinckx, van der Maas, 2015):

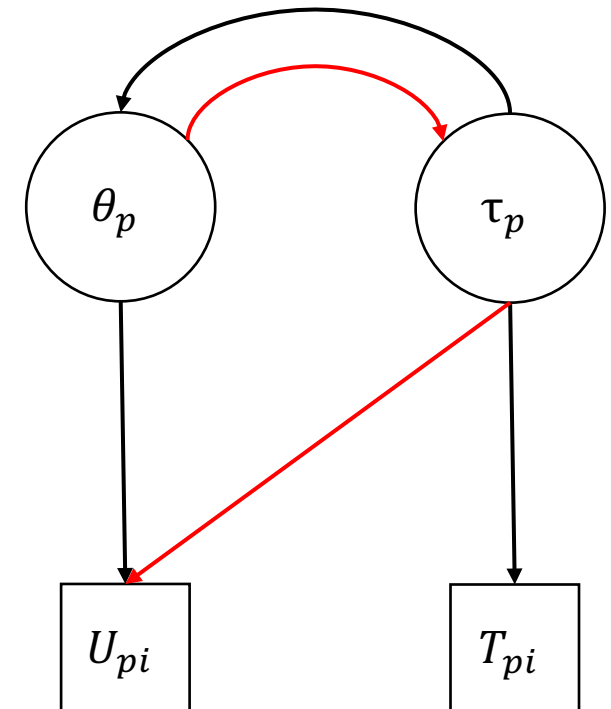
Иерархическая байесовская модель (van der Linden, 2007)



B-CLIRT фреймворк для времени, как коллатеральной информацией



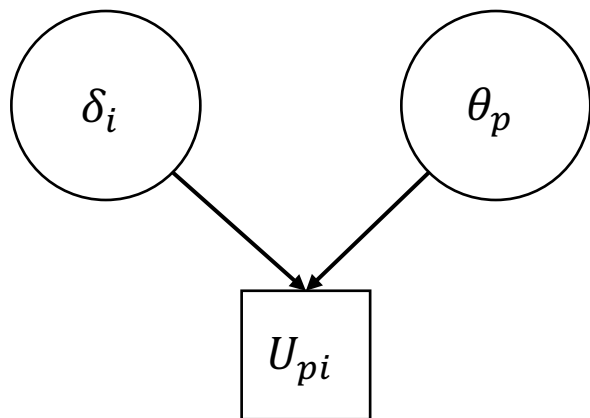
B-CLIRT фреймворк для времени, как целевой информации



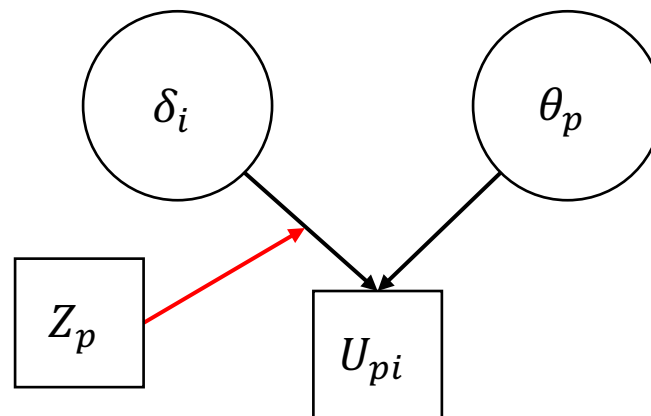
# Примеры коллатеральной информации о взаимодействии респондентов и заданий

- Информация для анализа latent moderation и indicator-level moderation:
  - Возраст
  - Время ответа

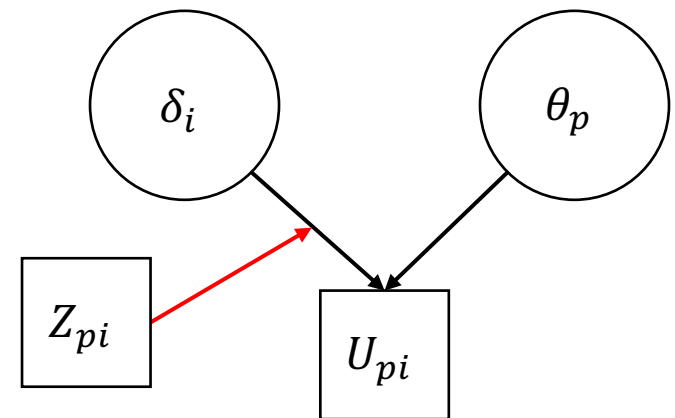
Обычные  
IRT-модели



IRT-модели с latent moderation  
(Mellenbergh, 1994; Hildebrandt et al., 2016)



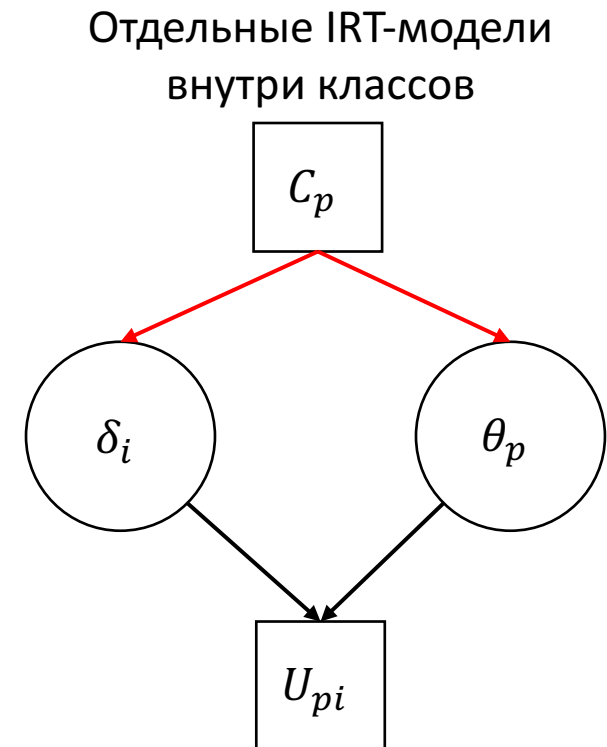
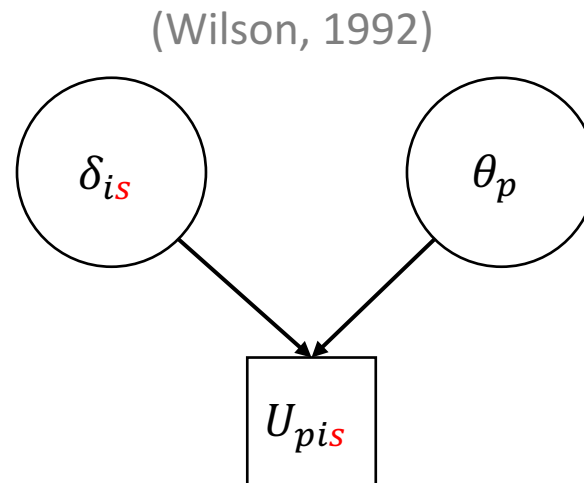
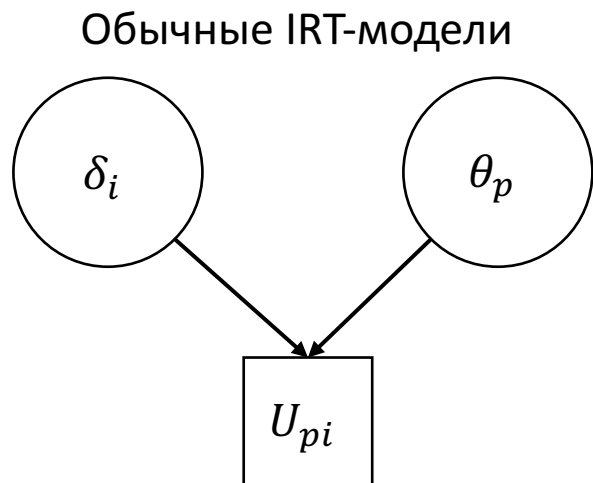
IRT-модели с indicator-level  
moderation (Bolsinova, Molenaar, 2018)



# Примеры коллатеральной информации о взаимодействии респондентов и заданий

- **Стратегии решения заданий**

- Ordered Partition Model (Wilson, 1992)
- Выделение стратегий специальными средствами и применение обычных IRT-моделей внутри классов

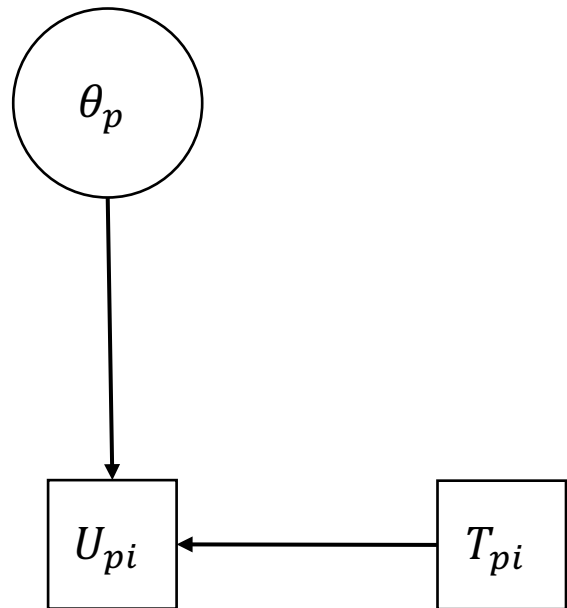


# Примеры с использованием данных центра: EE test

- SUPER test
- Тест компетенций в электротехнических науках
- 25 дихотомических заданий
- 12 331 респондент:
  - Студенты 4 курса бакалавриата;
  - 853 студента из России,
  - 1 662 студента из Китая,
  - 9 816 студента из Индии,

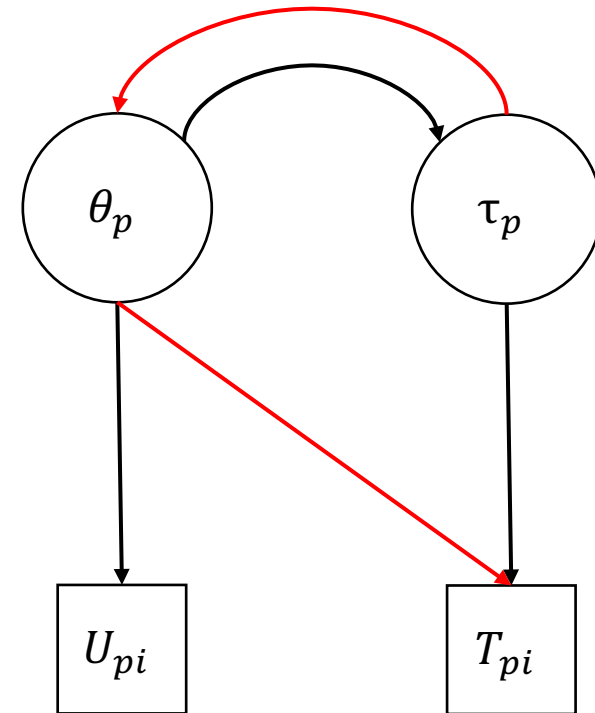
# Примеры с использованием данных центра: EE test

(Goldhammer, et al., 2014; Goldhammer, 2015)



Var=0.852 -> Var=0.696  
Rel=0.791 -> Rel=0.680

(Molenaar, Tuerlinckx, van der Maas, 2015)



Var=1.000 -> Var=1.000  
Rel=0.746 -> Rel=0.921

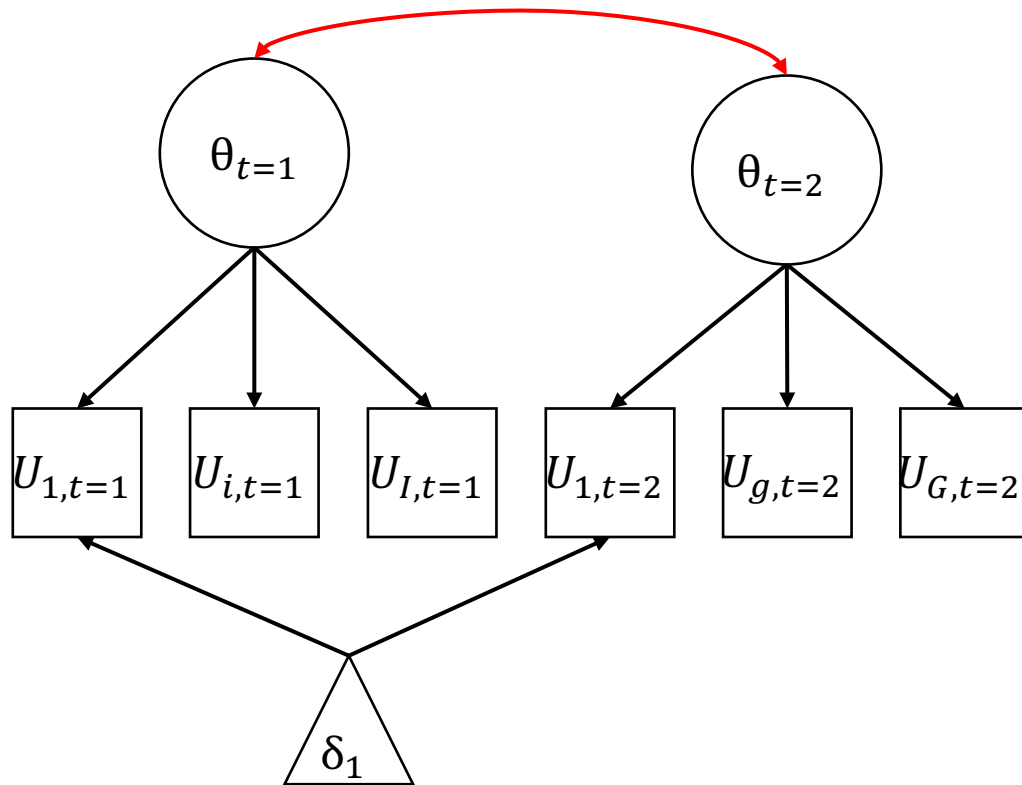
# Примеры с использованием данных центра: Math tests

- Тесты по математике для 1 и 3 курса с узловыми заданиями
- 35 дихотомических заданий в каждом тесте
- 1491 студент из России
- Проходили тест в обе волны

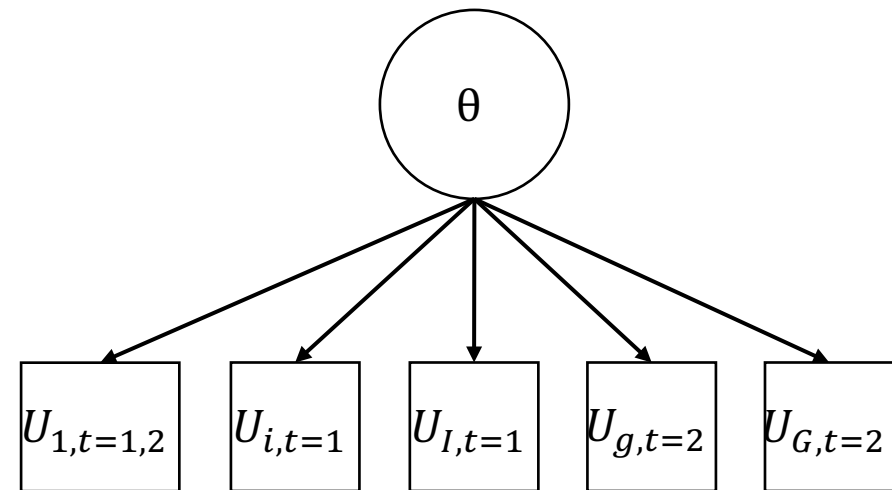


# Примеры с использованием данных центра: Math tests

(Andersen, 1985)



Вертикальное выравнивание



# Примеры с использованием данных центра: Math tests

Параметр	(Andersen, 1985)		Вертикальное выравнивание	
	t=1	t=2	t=1	t=2
Надежность	0.57	0.50	0.53	0.43
Дисперсия способности	0.23	0.27	0.23	0.27
Среднее значение способности	0.00	0.35	-0.70	-0.35
Корреляция способностей	0.57		0.24	

Спасибо за внимание!

Денис Федерякин, [dafederiakin@hse.ru](mailto:dafederiakin@hse.ru)

Ирина Углонова, [iuglanova@hse.ru](mailto:iuglanova@hse.ru)

Федерякин, Д.А., Углонова, И.Л., Скрябин, М.А. (2020).  
Коллатеральная информация в компьютерном тестировании. В  
печати.