

Эквивалентности сетей Петри с невидимыми переходами

Игорь В. Тарасюк

Институт систем информатики имени А.П. Ершова,
Сибирское отделение Российской академии наук,
пр. Академика Лаврентьева 6, 630090 Новосибирск,
Российская Федерация

`itar@iis.nsk.su`

`db.iis.nsk.su/persons/itar`

Резюме: Исследуются поведенческие эквивалентности параллельных систем, моделируемых сетями Петри с невидимыми переходами, помеченными невидимыми действиями.

τ -эквивалентности — отношения, абстрагирующие от невидимых действий, соответствующих внутренней активности моделируемой системы.

Известные из литературы базисные τ -эквивалентности дополняются новыми.

Выясняются взаимосвязи всех рассмотренных τ -эквивалентностей.

Приводится пример сохраняющей эквивалентность редукции сети Петри, моделирующей систему обедающих философов.

Ключевые слова: сети Петри, невидимые переходы, базисные τ -эквивалентности, редукция, система обедающих философов.

Содержание

- Введение
 - Известные τ -эквивалентности
 - Новые τ -эквивалентности
- Базисная τ -симуляция
 - Принципы абстрагирования от невидимых действий
 - Сравнение базисных τ -эквивалентностей
 - Пример редукции относительно τ -эквивалентностей
- Заключение
 - Полученные результаты
 - Направления дальнейших исследований

Введение

Известные τ -эквивалентности

Отношения, абстрагирующие от невидимых действий — τ -эквивалентности.

Известны следующие базисные τ -эквивалентности:

- τ -следовые эквивалентности (учитывают только протоколы функционирования):

интерливинговая (\equiv_i^τ) [Rom86], шаговая (\equiv_s^τ) [Rom86], ЧС (\equiv_{pw}^τ) [Vog91], ЧУММ (\equiv_{rom}^τ) [PRS92].

- Обычные τ -бисимуляционные эквивалентности (учитывают ветвистую структуру функционирования):

интерливинговая (\Leftrightarrow_i^τ) [Mil80], шаговая (\Leftrightarrow_s^τ) [Rom86], ЧС ($\Leftrightarrow_{pw}^\tau$) [Vog91], ЧУММ ($\Leftrightarrow_{rom}^\tau$) [PRS92].

- ST - τ -бисимуляционные эквивалентности (учитывают продолжительность срабатывания переходов в функционировании):

интерливинговая ($\Leftrightarrow_{iST}^\tau$) [Vog91], ЧС ($\Leftrightarrow_{pwST}^\tau$) [Vog91], ЧУММ ($\Leftrightarrow_{romST}^\tau$) [Vog91].

- *Сохраняющие историю τ -бисимуляционные эквивалентности* (учитывают “историю” функционирования):

ЧУММ ($\xleftrightarrow{\tau}_{pomh}$) [Dev92].

- *Сохраняющие историю ST - τ -бисимуляционные эквивалентности* (учитывают “историю” и продолжительность срабатывания переходов в функционировании):

ЧУММ ($\xleftrightarrow{\tau}_{pomhST}$) [Dev92].

- *Обычные ветвистые τ -бисимуляционные эквивалентности* (учитывают ветвистую структуру поведения и влияние на нее невидимых действий):

интерливинговая ($\xleftrightarrow{\tau}_{ibr}$) [Gla93].

- *Сохраняющие историю ветвистые τ -бисимуляционные эквивалентности* (учитывают “историю”, ветвистую структуру поведения и влияние на нее невидимых действий):

ЧУММ ($\xleftrightarrow{\tau}_{pomhbr}$) [Dev92].

- *Изоморфизм* (совпадение с точностью до переименования компонентов):
(\simeq).

Новые τ -эквивалентности

- **Базисные τ -эквивалентности:**

интерливинговая *ветвистая ST- τ -бисимуляционная* ($\stackrel{\tau}{\Leftrightarrow}_{iSTbr}$),

ЧУММ *сохраняющая историю ветвистая ST- τ -бисимуляционная*

($\stackrel{\tau}{\Leftrightarrow}_{romhSTbr}$),

МСС *сохраняющая конфликт* (\equiv_{mes}^{τ}).

Конфликт

Y

≈

изоморфизм

сохраняющие историю ветвистые

ST- τ -бисимуляционные

сохраняющие историю ST- τ -бисимуляционные /

сохраняющие историю ветвистые τ -бисимул. /

ветвистые ST- τ -бисимуляционные

ST- τ -бисимуляционные /

сохраняющие историю τ -бисимуляционные /

ветвистые τ -бисимуляционные

τ -бисимуляционные

τ -следовые /

сохраняющие конфликт

τ -эквивалентности

интерли-
винговая

шаговая

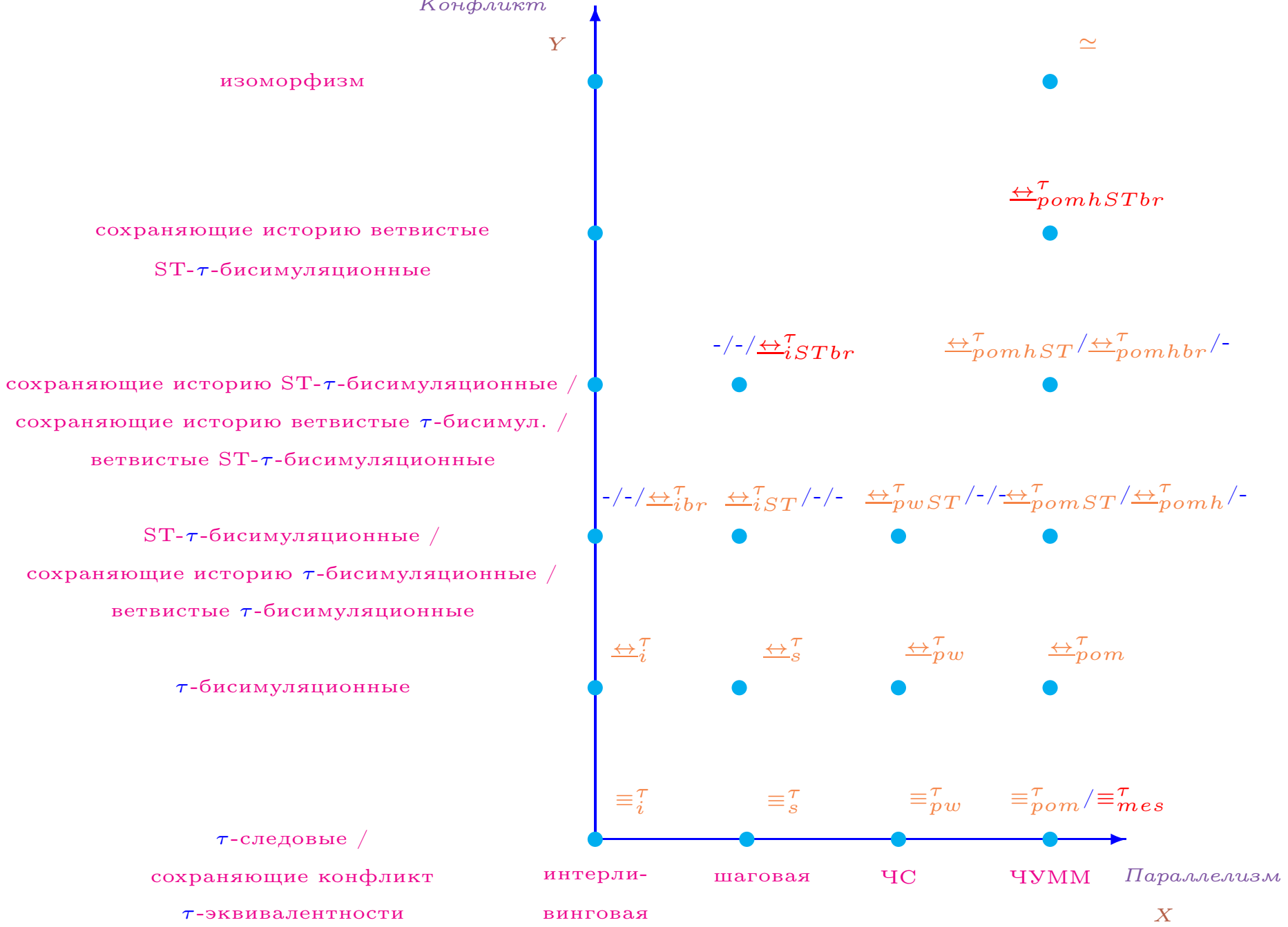
ЧС

ЧУММ

Параллелизм

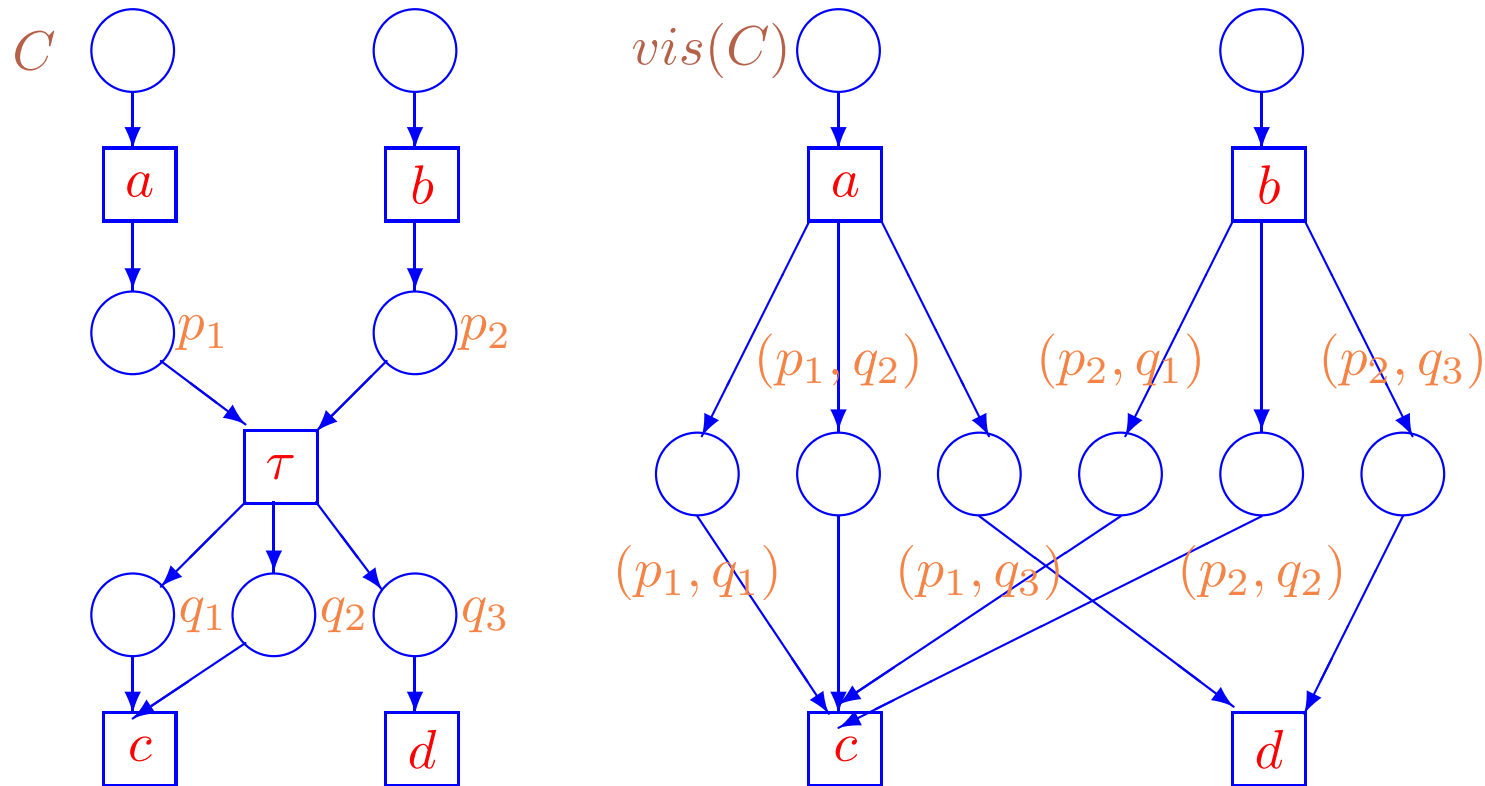
винговая

X

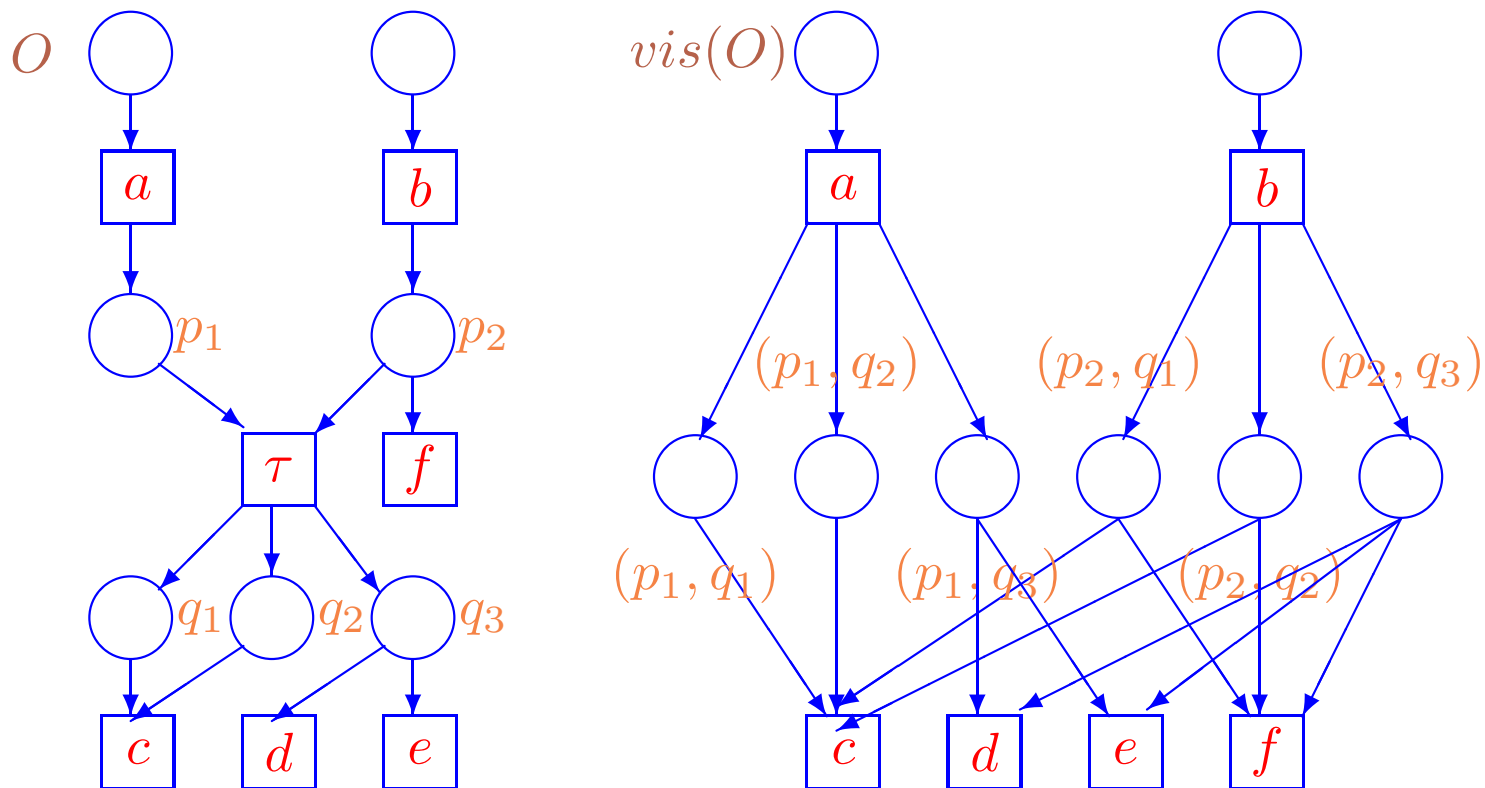


Классификация базисных τ -эквивалентностей

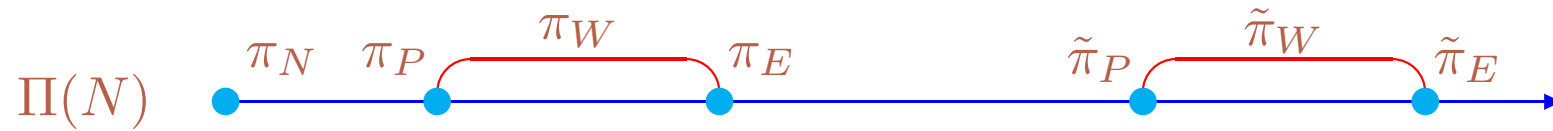
Принципы абстрагирования от невидимых действий



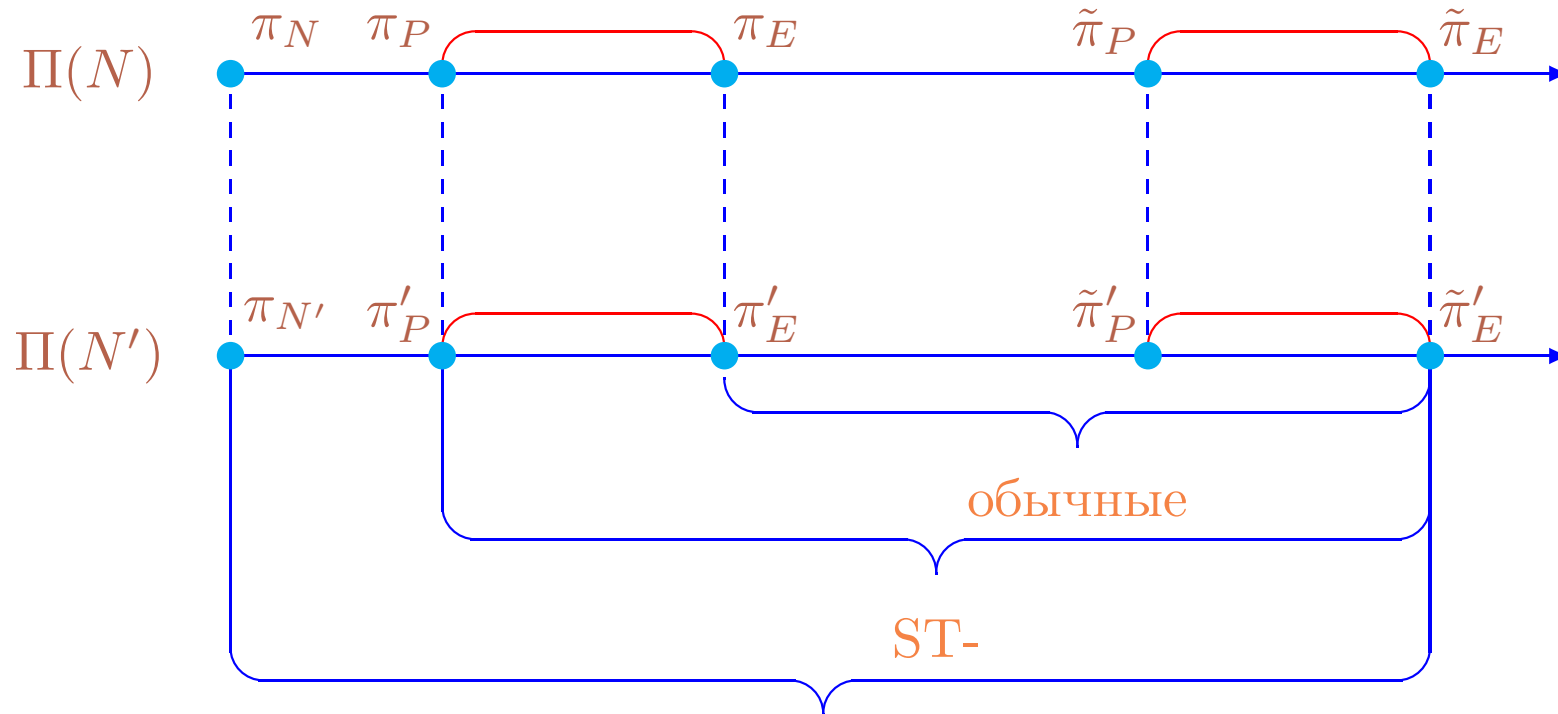
Действие функции vis на C -сеть



Действие функции vis на O -сеть

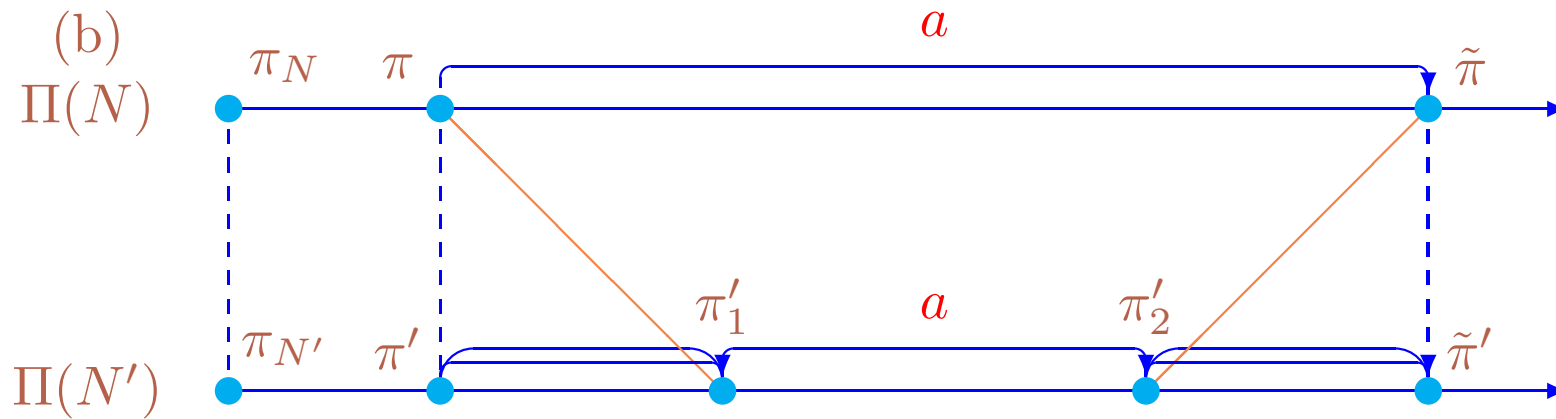
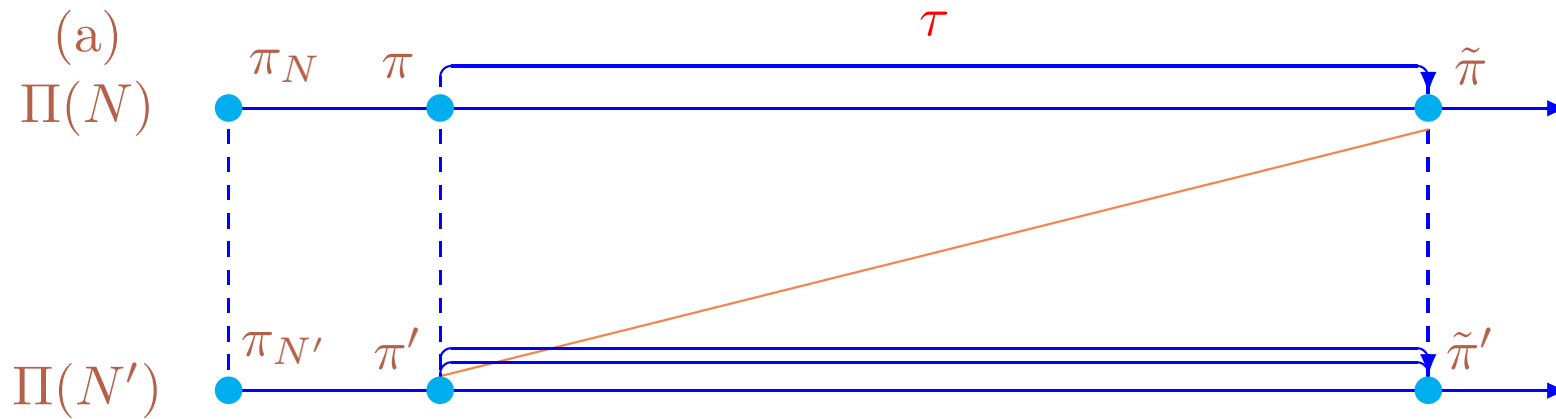


ST- τ -процессы



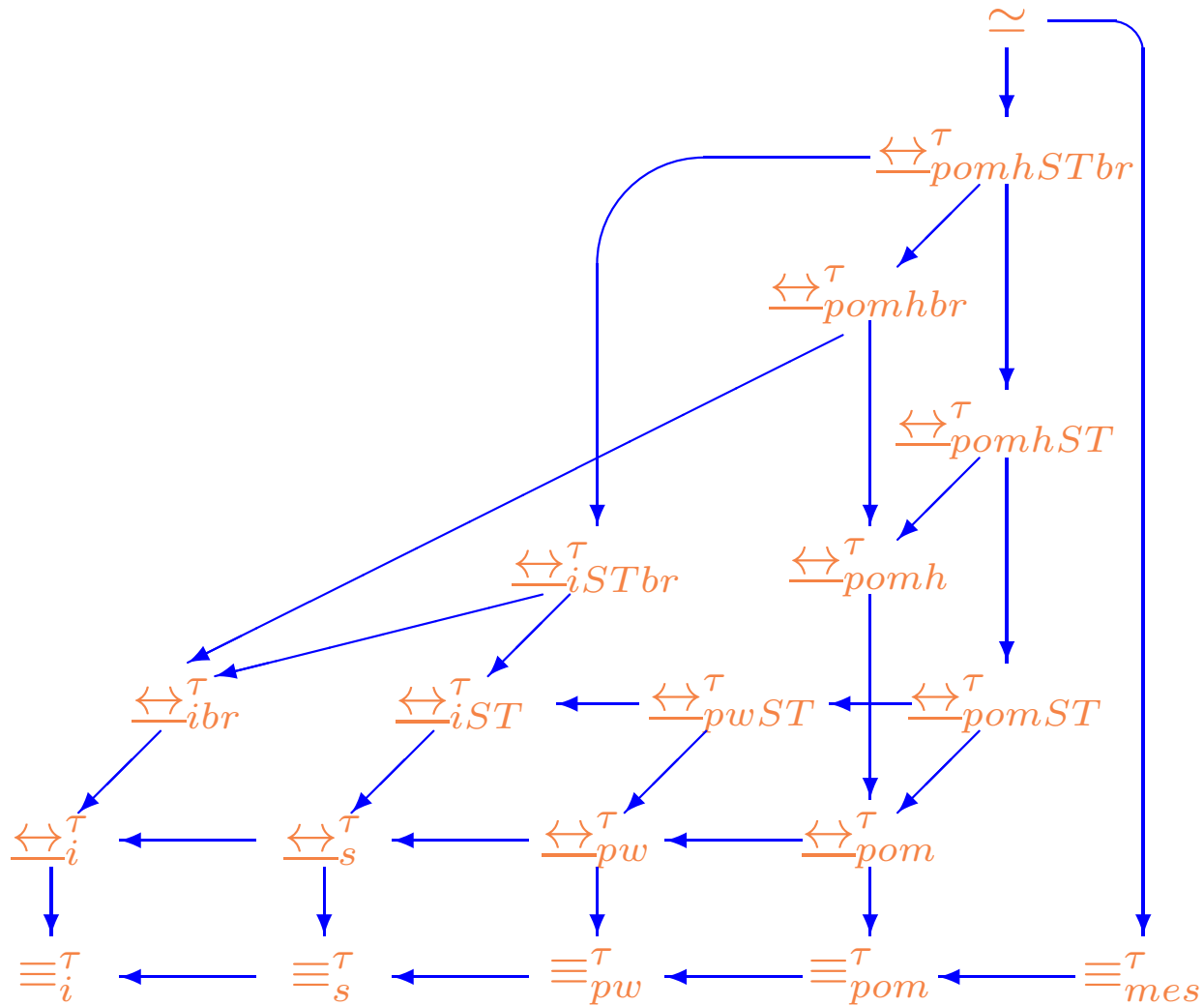
сохраняющие историю ST-

Различающая способность τ -бисимуляционных эквивалентностей



Различающая способность обычных и ветвистых
 τ -бисимуляционных эквивалентностей

Сравнение базисных τ -эквивалентностей



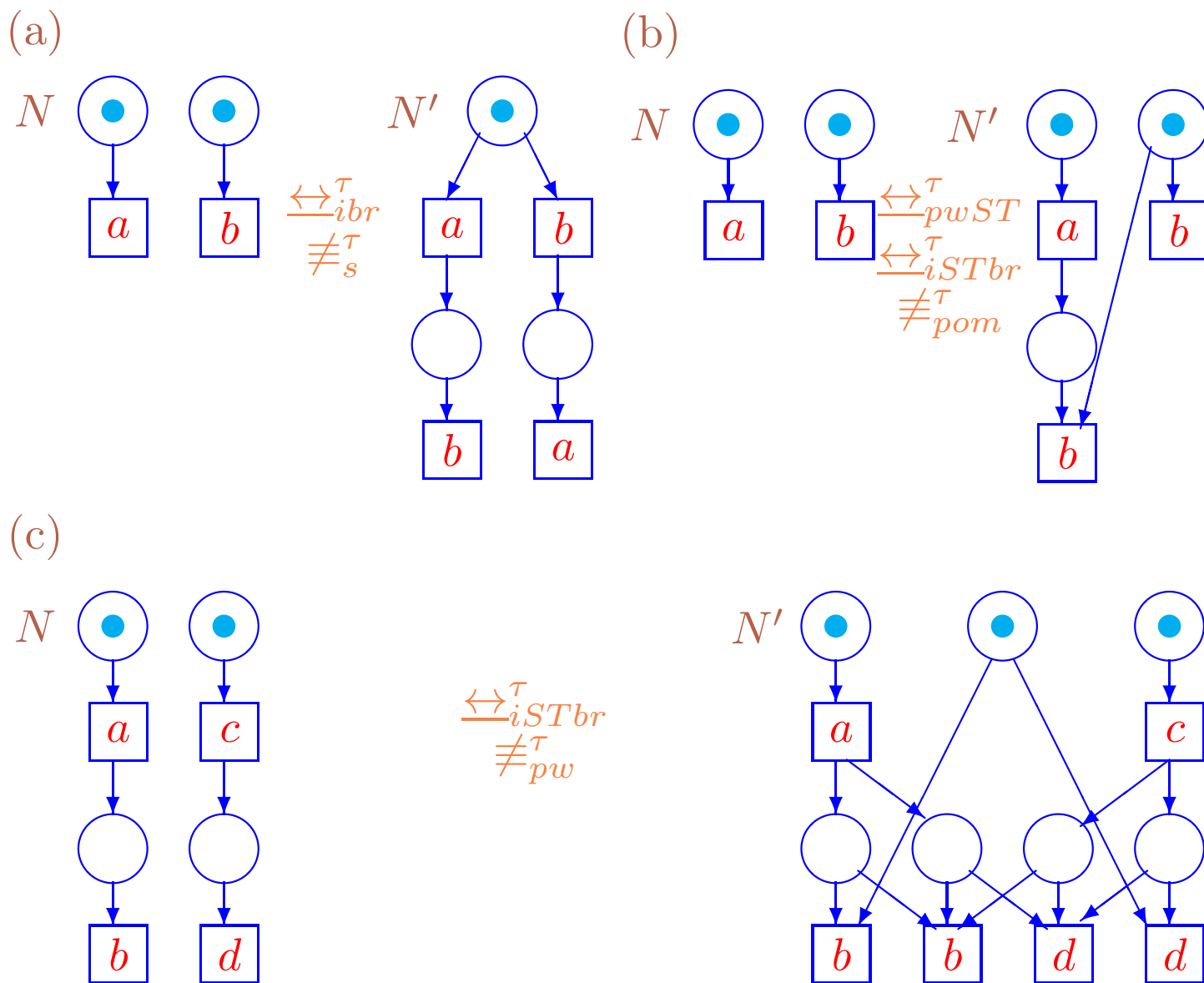
Взаимосвязи базисных τ -эквивалентностей

Теорема 1 Пусть $\leftrightarrow, \Leftrightarrow \in \{\equiv^T, \underline{\leftrightarrow}^T, \simeq\}$, $\star, \star\star \in \{_, i, s, pw, pom, iST, pwST, pomST, pomh, pomhST, ibr, pomhbr, iSTbr, pomhSTbr, mes\}$.

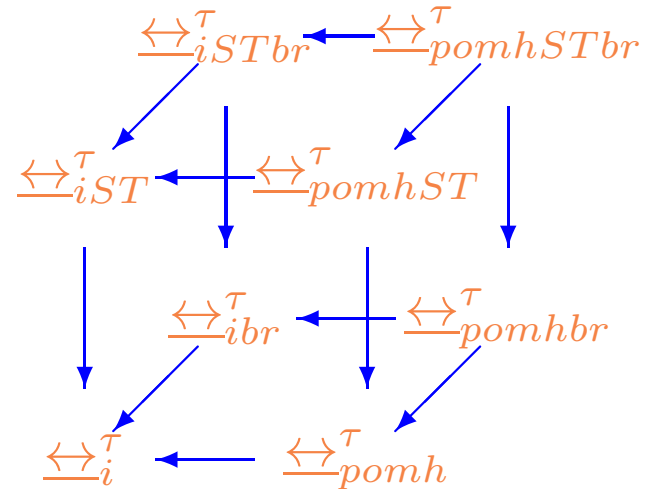
Для СП с невидимыми переходами N и N'

$$N \leftrightarrow_{\star} N' \Rightarrow N \Leftrightarrow_{\star\star} N'$$

тогда и только тогда, когда в изображенном выше графе существует направленный путь от \leftrightarrow_{\star} к $\Leftrightarrow_{\star\star}$.



Примеры некоторых базисных τ -эквивалентностей



Куб взаимосвязей базисных τ -бисимуляционных эквивалентностей

Ортогональность следующих параметров:

ST- / сохранение истории / ветвистость.

Пример редукции относительно τ -эквивалентностей

Модель пяти обедающих философов [P81]

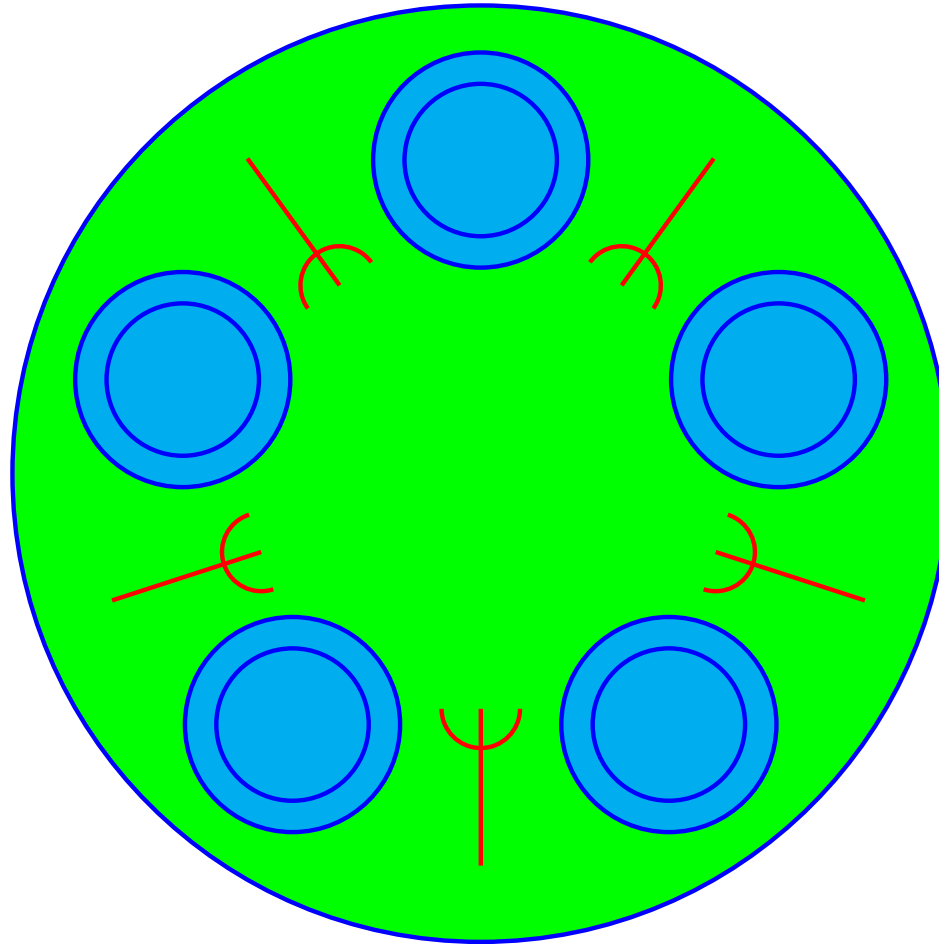


Схема системы обедающих философов

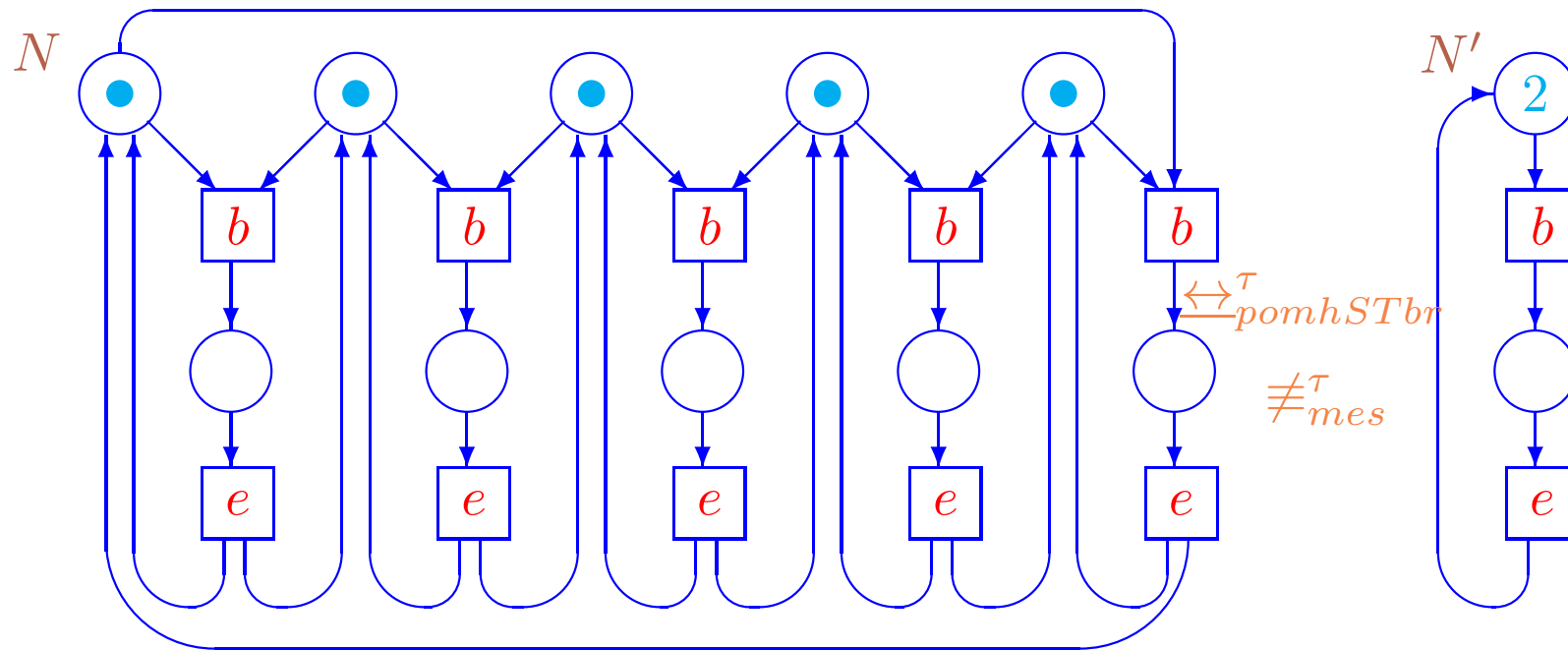
После запуска системы (философы входят в обеденную комнату), на столе появляются пять вилок.

Если у философа имеются левая и правая вилки, он одновременно берет обе и начинает есть.

В конце еды философ одновременно кладет обе вилки на стол.

Действие a соответствует запуску системы.

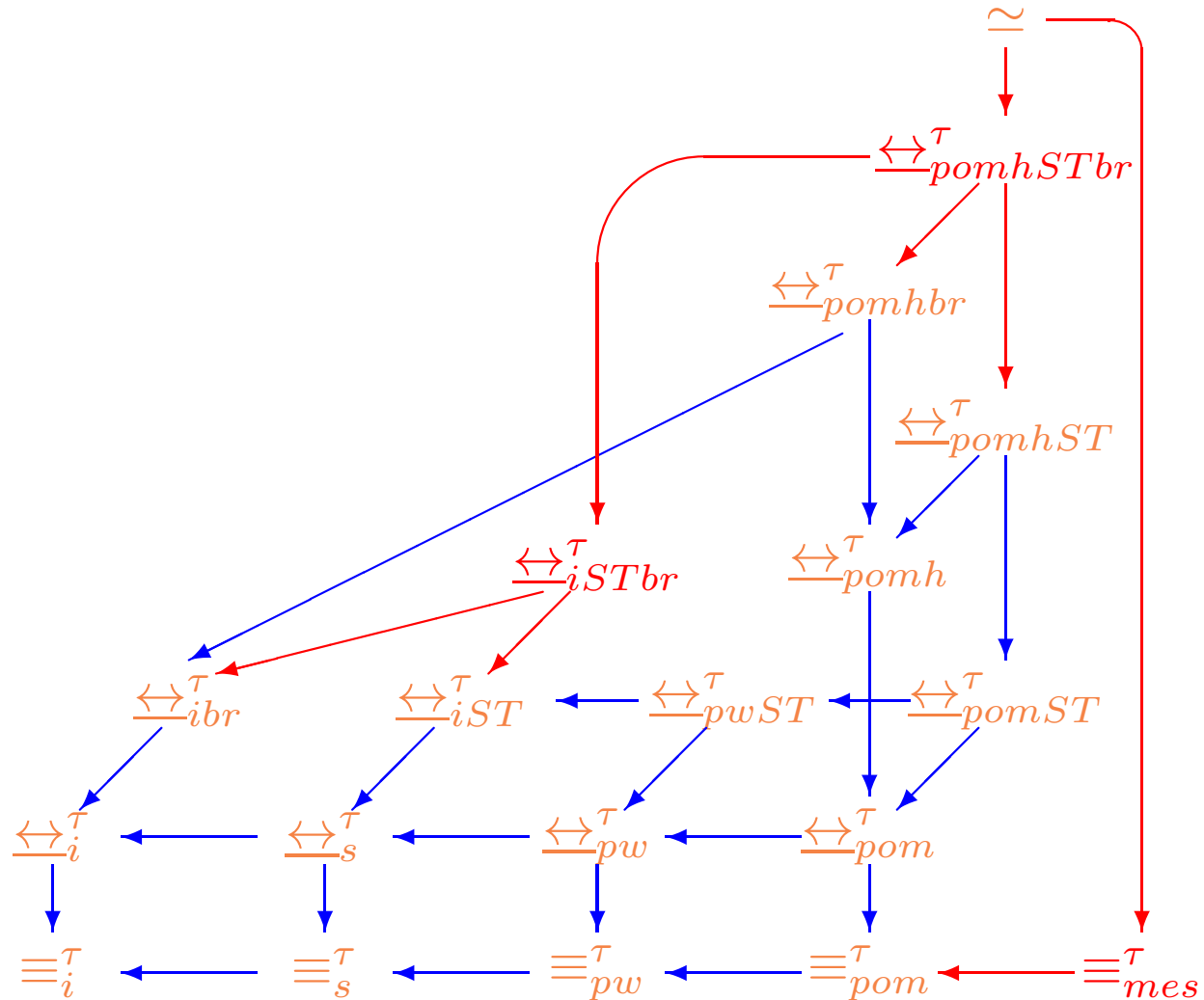
Действие b соответствует началу еды философа, а e — концу еды философа.



Полная и сокращенная СП абстрактной системы обедающих философов

Заключение

Полученные результаты

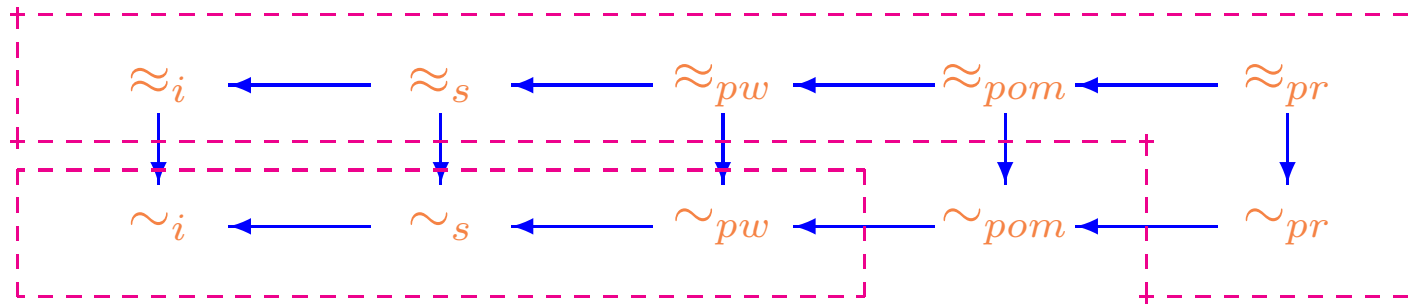


Новые результаты для базисных τ -эквивалентностей

Направления дальнейших исследований

Бисимуляционные эквивалентности мест [AS92].

Мы сравнили эквивалентности мест с другими эквивалентностями на СП без невидимых переходов [Tar98].



Совпадение бисимуляционных эквивалентностей мест

$$\sim_i \longleftarrow \sim_{pom} \longleftarrow \sim_{pr}$$

Взаимосвязи бисимуляционных эквивалентностей мест

τ -бисимуляционные эквивалентности мест

- Интерливинговая τ -бисимуляционная эквивалентность мест (\sim_i^τ) [Aut93, APS94].

Сохраняющая поведение редукция СП с невидимыми переходами.

Новые эквивалентности

- Интерливинговая ветвистая τ -бисимуляционная эквивалентность мест (\sim_{ibr}^τ).
- Неинтерливинговые варианты τ -бисимуляционных эквивалентностей мест (\sim_s^τ , \sim_{pw}^τ и \sim_{pot}^τ).

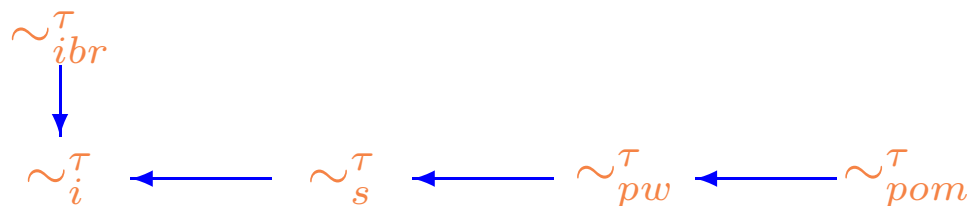
- **Взаимосвязи** τ -бисимуляционных эквивалентностей мест.

Какие из трех отношений мест \sim_i^T , \sim_s^T и \sim_{pw}^T совпадают?

Имеются **контрпримеры**:

из \sim_{ibr}^T и \sim_{pom}^T ни одно не является следствием другого и не совпадает ни с каким из трех упомянутых отношений мест.

- **Взаимосвязи** τ -бисимуляционных эквивалентностей мест с другими τ -эквивалентностями, рассмотренными нами.



Взаимосвязи τ -бисимуляционных эквивалентностей мест

Литература

- [APS94] AUTANT C., PFISTER W., SCHNOEBELEN PH. *Place bisimulations for the reduction of labelled Petri nets with silent moves. Proceedings of International Conference on Computing and Information*, 1994.
- [AS92] AUTANT C., SCHNOEBELEN PH. *Place bisimulations in Petri nets. LNCS 616*, p. 45–61, June 1992.
- [Aut93] AUTANT C. *Petri nets for the semantics and the implementation of parallel processes. Ph.D. thesis*, Institut National Polytechnique de Grenoble, May 1993 (in French).
- [Dev92] DEVILLERS R. *Maximality preservation and the ST-idea for action refinements. LNCS 609*, p. 108–151, 1992.
- [Gla93] VAN GLABBEEK R.J. *The linear time – branching time spectrum II: the semantics of sequential systems with silent moves. Extended abstract. LNCS 715*, p. 66–81, 1993.
- [Mil80] MILNER R.A.J. *A calculus of communicating systems. LNCS 92*, p. 172–180, 1980.

- [P81] J.L. PETERSON. *Petri net theory and modeling of systems*. Prentice-Hall, 1981.
- [Pom86] POMELLO L. *Some equivalence notions for concurrent systems. An overview*. LNCS 222, p. 381–400, 1986.
- [PRS92] POMELLO L., ROZENBERG G., SIMONE C. *A survey of equivalence notions for net based systems*. LNCS 609, p. 410–472, 1992.
- [Tar98] TARASYUK I.V. *Place bisimulation equivalences for design of concurrent and sequential systems*. *Electronic Notes in Theoretical Computer Science* 18, 16 p., 1998, <http://db.iis.nsk.su/persons/itar/ENTCS-18-016.ps>.
- [Vog91] VOGLER W. *Bisimulation and action refinement*. LNCS 480, p. 309–321, 1991.

Слайды можно скачать из Интернета:

<http://itar.iis.nsk.su/files/itar/pages/msi11sld.pdf>

Спасибо за внимание!