Знания

2 мая 2020 г.

Агент, использующий знания.

Агент, использующий знания – это агент, принимающий решение, основываясь на внутреннем представлении знаний.

Если не будет дождя, то Гарри посетит Хагрида.

Гарри сегодня посетил Хагрида или Дамблдора, но не обоих.

Гарри посетил Дамблдора сегодня.

Если не будет дождя, то Гарри посетит Хагрида.

Гарри сегодня посетил Хагрида или Дамблдора, но не обоих.

Гарри посетил Дамблдора сегодня.

Гарри сегодня не посещал Хагрида.

Если не будет дождя, то Гарри посетит Хагрида.

Гарри сегодня посетил Хагрида или Дамблдора, но не обоих.

Гарри посетил Дамблдора сегодня.

Гарри сегодня не посещал Хагрида.

Сегодня был дождь.

Логика

Предложение - суждение о мире на языке представления знаний.

Логика высказываний

(пропозициональная)

Пропозициональная символы

P Q R

Знаки логических связок

$\neg$	$\wedge$	$\vee$
отрицание	конъюнкция	дизъюнкция

$\Rightarrow$	$\Leftrightarrow$
импликация	эквиваленция

P	$\neg P$
False	True
True	False

Конъюнкция, и, $\wedge$

P	Q	$P \wedge Q$
False	False	False
False	True	False
True	False	Fasle
True	True	True

Дизъюнкция, или, $\vee$

P	Q	$P \vee Q$
False	False	False
False	True	True
True	False	True
True	True	True

Импликация ⇒

P	Q	$P \Rightarrow Q$
False	False	True
False	True	True
True	False	False
True	True	True

P	Q	$P \Leftrightarrow Q$
False	False	True
False	True	False
True	False	False
True	True	True

Задать **модель** – каждому пропозициональному символу присвоить истинностное значение (''задать возможный мир'').

Модель P: Идет дождь.
Q: Вторник.

$$\{P = True, Q = True\}$$

База знаний - множество высказываний, которые агент, использующий знания, считает истинными.

$$\alpha \models \beta$$

Во всех моделях, в которых α истинно, высказывание β тоже истинно.

Если не будет дождя, то Гарри посетит Хагрида.

Гарри сегодня посетил Хагрида или Дамблдора, но не обоих.

Гарри посетил Дамблдора сегодня.

Гарри сегодня не посещал Хагрида.

Сегодня был дождь.

Вывод -

процесс получения новых высказываний из старых.

P: Вторник.

Q: Идет дождь.

R: Гарри пойдет на пробежку.

P: Вторник.

Q: Идет дождь.

R: Гарри пойдет на пробежку.

БЗ:

P: Вторник.

Q: Идет дождь.

R: Гарри пойдет на пробежку.

БЗ: $(P \land \neg Q) \Rightarrow R$

P: Вторник.

Q: Идет дождь.

R: Гарри пойдет на пробежку.

БЗ: $(P \land \neg Q) \Rightarrow R \quad P$

P: Вторник.

Q: Идет дождь.

R: Гарри пойдет на пробежку.

БЗ: $(P \land \neg Q) \Rightarrow R \quad P \quad \neg Q$

P: Вторник.

Q: Идет дождь.

R: Гарри пойдет на пробежку.

БЗ: $(P \wedge \neg Q) \Rightarrow R \qquad P \qquad \neg Q$

Вывод:

P: Вторник.

Q: Идет дождь.

R: Гарри пойдет на пробежку.

БЗ: $(P \wedge \neg Q) \Rightarrow R \quad P \quad \neg Q$

Вывод: R

Алгоритмы вывода

$$БЗ \models \alpha$$
?

Проверка моделей

Чтобы определить, что БЗ$\models \alpha$:

Чтобы определить, что БЗ$\models \alpha$:

- Рассматриваем все возможные модели.

Чтобы определить, что БЗ$\models \alpha$:

- Рассматриваем все возможные модели.
- БЗ влечёт α, если всегда, когда истина БЗ, то иситнно и α.

Проверка моделей

Чтобы определить, что БЗ$\models \alpha$:

- Рассматриваем все возможные модели.
- БЗ влечёт α, если всегда, когда истина БЗ, то иситнно и α.
- Иначе БЗ не влечет α

P: Вторник. Q: Дождь. R: Гарри пойдет на пробежку.

БЗ: $(P \land \neg Q) \Rightarrow R \quad P \quad \neg Q$

Запрос: R

P	Q	R	БЗ
False	False	False	
False	False	True	
False	True	False	
False	True	True	
True	False	False	
True	False	True	
True	True	False	
True	True	True	

P: Вторник. Q: Дождь. R: Гарри пойдет на пробежку.
БЗ: $(P \wedge \neg Q) \Rightarrow R$ P $\neg Q$
Запрос: R

P	Q	R	БЗ
False	False	False	False
False	False	True	False
False	True	False	False
False	True	True	False
True	False	False	False
True	False	True	True
True	True	False	False
True	True	True	False

P: Вторник. Q: Дождь. R: Гарри пойдет на пробежку.

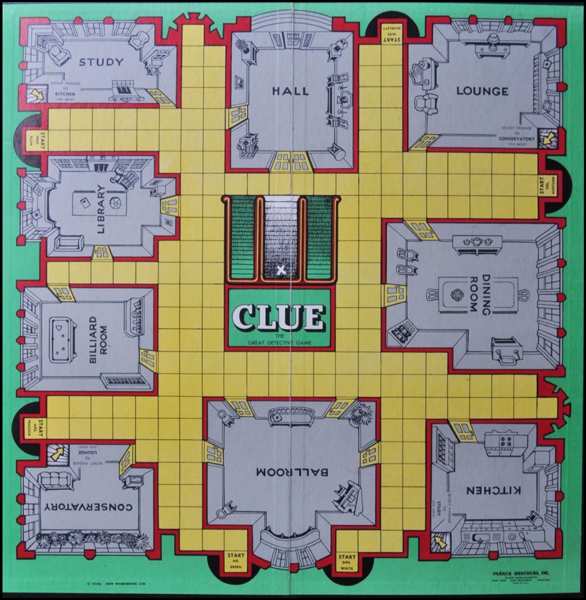
БЗ: $(P \land \neg Q) \Rightarrow R \quad P \quad \neg Q$

Запрос: R

P	Q	R	БЗ
False	False	False	False
False	False	True	False
False	True	False	False
False	True	True	False
True	False	False	False
True	False	True	True
True	True	False	False
True	True	True	False

Инженерия знаний

Clue


STUDY
SECRET PASSAGE TO KITCHEN (ONE MOVE)
HALL
LOUNGE
SECRET PASSAGE TO CONSERVATORY (ONE MOVE)
LIBRARY
BILLIARD ROOM
DINING ROOM
CLUE
THE GREAT DETECTIVE GAME
BALLROOM
KITCHEN
CONSERVATORY
START MR. GREEN
START MRS. WHITE
PARKER BROTHERS, INC.

Люди	Комнаты	Оружие
Полковник Жёлтый	Танцевальный зал	Нож
Профессор Фиолетовый	Кухня	Револьвер
Мисс Краснова	Библиотека	Подсвечник

Карты в каждой группе перемешиваются. По одной карте из каждой группы убирается в конверт. Игроки не знают, какие карты убрали. Игроки должны выяснить, кто, где и каким оружием совершил преступление.

Пропозициональные символы

жёлтый	зал	нож
фиолетовый	кухня	револьвер
краснова	библиотека	подсвечник

(жёлтый $\vee$ фиолетовый $\vee$ краснова)

(жёлтый $\lor$ фиолетовый $\lor$ краснова)

(зал $\lor$ кухня $\lor$ библиотека)

(жёлтый $\vee$ фиолетовый $\vee$ краснова)

(зал $\vee$ кухня $\vee$ библиотека)

(нож $\vee$ револьвер $\vee$ подсвечник)

$(\text{жёлтый} \lor \text{фиолетовый} \lor \text{краснова})$

$(\text{зал} \lor \text{кухня} \lor \text{библиотека})$

$(\text{нож} \lor \text{револьвер} \lor \text{подсвечник})$

$\neg\ \text{фиолетовый}$

$$(\text{жёлтый} \vee \text{фиолетовый} \vee \text{краснова})$$
$$(\text{зал} \vee \text{кухня} \vee \text{библиотека})$$
$$(\text{нож} \vee \text{револьвер} \vee \text{подсвечник})$$
$$\neg\ \text{фиолетовый}$$
$$(\neg\text{жёлтый} \vee \neg\text{библиотека} \vee \neg\text{револьвер})$$

- Златопуст, Минерва, Помона, Гораций все с разных факультетов: Гриффиндор, Пуффендуй, Когтевран, Слизерин.
- Гораций с Гриффиндора или Когтеврана.
- Помона не из Слизерина.
- Минерва из Гриффиндора.

Пропозициональные символы

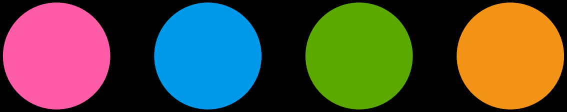
ЗлатопустГрффиндор	МинерваГриффиндор
ЗлатопустПуффендуй	МинерваПуффендуй
ЗлатопустКогтевран	МинерваКогтевран
ЗлатопустСлизерин	МинерваСлизерин
ПомонаГриффендор	ГорацийГриффендор
ПомонаПуффендуй	ГорацийПуффендуй
ПомонаКогтевран	ГорацийКогтевран
ПомонаСлизерин	ГорацийСлизерин

$$(\text{ПомонаСлизерни} \Rightarrow \neg\text{ПомонаПуффендуй})$$

$$(\text{МинерваКогтевран} \Rightarrow \neg\text{ЗлатопустКогтевран})$$

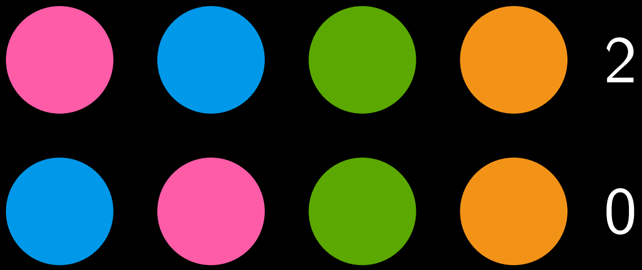
$$(\text{ЗлатопустГриффендор} \vee \text{ЗалтопустКогтевран})$$

Властелин разума

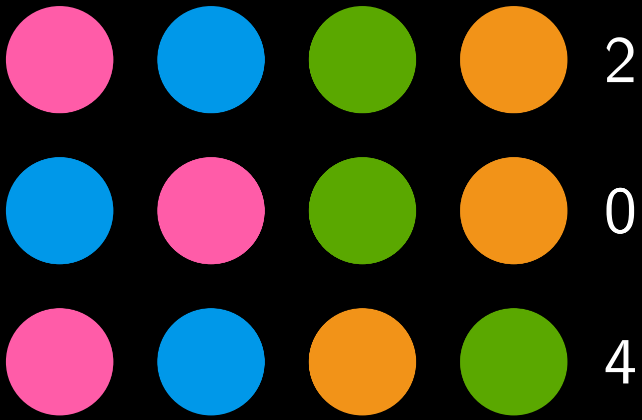


2

Властелин разума



Властелин разума



Правила вывода

Если дождь, то Гарри внутри.
Дождь.

Гарри внутри.

$$\frac{\begin{array}{c}\alpha \rightarrow \beta \\ \alpha\end{array}}{\beta}$$

Удаления конъюнкции.

$$\frac{\text{Гарри - друг Рона и Гермионы.}}{\text{Гарри - друг Гермионы.}}$$

Удаления конъюнкции.

$$\frac{\alpha \wedge \beta}{\alpha}$$

Удаление двойного отрицания

Неправда, что Гарри не прошёл тест.

Гарри прошёл тест.

Удаление двойного отрицания

$$\frac{\neg(\neg\alpha)}{\alpha}$$

Удаление импликации

Если дождь, то Гарри внутри.

Дождя нет и Гарри внутри.

$$\frac{\alpha \to \beta}{\neg\alpha \lor \beta}$$

Идёт дождь тогда и только тогда, когда Гарри внутри.

Если идёт дождь, то Гарри внутри, и если Гарри внутри, то идёт дождь.

Удаление эквиваленции

$$\frac{\alpha \leftrightarrow \beta}{(\alpha \to \beta) \land (\beta \to \alpha)}$$

Неправда, что Гарри и Рон прошли тест.

Гарри не прошёл тест, или Рон не прошёл тест.

$$\frac{\neg(\alpha \land \beta)}{\neg\alpha \lor \neg\beta}$$

Неправда, что Гарри или Рон прошли тест.

Гарри не прошёл тест, и Рон не прошёл тест.

$$\frac{\neg(\alpha \vee \beta)}{\neg\alpha \wedge \neg\beta}$$

Свойство дистрибутивности.

$$\frac{(\alpha \land (\beta \lor \gamma))}{(\alpha \land \beta) \lor (\alpha \land \gamma)}$$

Свойство дистрибутивности.

$$\frac{(\alpha \vee (\beta \wedge \gamma))}{(\alpha \vee \beta) \wedge (\alpha \vee \gamma)}$$

Задачи поиска.

- начальное состояние
- действия
- модель перехода
- тест цели
- функция цены пути

Доказательство теоремы

- начальное состояние: начальная база знаний
- действия: правила вывода
- модель перехода: новая база знаний после вывода
- тест цели: проверка было ли доказано утверждение
- функция цены пути: число шагов в доказательстве

Резолюция

$$\frac{(\text{Рон в Большом зале}) \lor (\text{Гермиона в библиотеке}) \qquad \text{Рон не в Большом зале}}{\text{Гермиона в библиотеке}}$$

$$\frac{\begin{matrix} P \vee Q \\ \neg P \end{matrix}}{Q}$$

$$\frac{\begin{array}{c} P \vee Q_1 \vee Q_2 \vee \ldots \vee Q_n \\ \neg P \end{array}}{Q_1 \vee Q_2 \vee \ldots \vee Q_n}$$

$$\frac{\begin{array}{c}(\text{Рон в Большом зале}) \vee (\text{Гермиона в библиотеке}) \\ (\text{Рон не в Большом зале}) \vee (\text{Гарри спит})\end{array}}{(\text{Гермиона в библиотеке}) \vee (\text{Гарри спит})}$$

$$\frac{\begin{array}{c} P \lor Q \\ \neg P \lor R \end{array}}{Q \lor R}$$

$$P \vee Q_1 \vee Q_2 \vee \ldots \vee Q_n$$

$$P \lor Q_1 \lor Q_2 \lor \ldots \lor Q_n$$
$$\neg P \lor R_1 \lor R_2 \lor \ldots \lor R_m$$

$$\frac{\begin{array}{c} P \lor Q_1 \lor Q_2 \lor \ldots \lor Q_n \\ \neg P \lor R_1 \lor R_2 \lor \ldots \lor R_m \end{array}}{Q_1 \lor Q_2 \lor \ldots \lor Q_n \lor R_1 \lor R_2 \lor \ldots \lor R_m}$$

Клауза -
дизъюнкция литерал,
например $P \lor Q \lor \neg R$

Конъюнктивная нормальная форма -

логическое высказывание, имеющее вид конъюнкции клауз,

например $(A \vee B \vee C) \wedge (D \vee \neg E)$

Преобразование к КНФ

- Удалить эквиваленции

Преобразование к КНФ

- Удалить эквиваленции
  - $(\alpha \leftrightarrow \beta)$ в $(\alpha \to \beta) \land (\beta \to \alpha)$

Преобразование к КНФ

- Удалить эквиваленции
  - $(\alpha \leftrightarrow \beta)$ в $(\alpha \rightarrow \beta) \wedge (\beta \rightarrow \alpha)$
- Удалить импликации

Преобразование к КНФ

- Удалить эквиваленции
    - $(\alpha \leftrightarrow \beta)$ в $(\alpha \to \beta) \land (\beta \to \alpha)$
- Удалить импликации
    - $(\alpha \to \beta)$ в $\neg\alpha \lor \beta$

Преобразование к КНФ

- Удалить эквиваленции
  - $(\alpha \leftrightarrow \beta)$ в $(\alpha \rightarrow \beta) \wedge (\beta \rightarrow \alpha)$
- Удалить импликации
  - $(\alpha \rightarrow \beta)$ в $\neg\alpha \vee \beta$
- Сместить $\neg$ внутрь, используя де Моргана законы

Преобразование к КНФ

- Удалить эквиваленции
  - $(\alpha \leftrightarrow \beta)$ в $(\alpha \rightarrow \beta) \wedge (\beta \rightarrow \alpha)$
- Удалить импликации
  - $(\alpha \rightarrow \beta)$ в $\neg\alpha \vee \beta$
- Сместить $\neg$ внутрь, используя де Моргана законы
  - $\neg(\alpha \wedge \beta)$ в $\neg\alpha \vee \neg\beta$

Преобразование к КНФ

- Удалить эквиваленции
  - $(\alpha \leftrightarrow \beta)$ в $(\alpha \rightarrow \beta) \land (\beta \rightarrow \alpha)$
- Удалить импликации
  - $(\alpha \rightarrow \beta)$ в $\neg\alpha \lor \beta$
- Сместить $\neg$ внутрь, используя де Моргана законы
  - $\neg(\alpha \land \beta)$ в $\neg\alpha \lor \neg\beta$
- Использовать дистрибутивный закон, где это возможно

$(P \vee Q) \rightarrow R$

$(P \vee Q) \rightarrow R$
$\neg(P \vee Q) \vee R$ удаление импликации

Преобразование к КНФ

$(P \vee Q) \to R$
$\neg(P \vee Q) \vee R$ удаление импликации
$(\neg P \wedge \neg Q) \vee R$ де Моргана закон

Преобразование к КНФ

$(P \vee Q) \rightarrow R$
$\neg(P \vee Q) \vee R$ удаление импликации
$(\neg P \wedge \neg Q) \vee R$ де Моргана закон
$(\neg P \vee R) \wedge (\neg Q \vee R)$ дистрибутивный закон

Вывод на основе резолюции

$$\frac{P \lor Q \qquad \neg P \lor R}{Q \lor R}$$

$$P \lor Q \lor S$$

$$P \lor Q \lor S$$
$$\neg P \lor R \lor S$$

$$\frac{\begin{array}{c} P \lor Q \lor S \\ \neg P \lor R \lor S \end{array}}{(Q \lor S \lor R \lor S)}$$

$$\frac{\begin{array}{c} P \vee Q \vee S \\ \neg P \vee R \vee S \end{array}}{(Q \vee R \vee S)}$$

P

$$P$$

$$\neg P$$

$$P$$

$$\neg P$$

$$()$$

Вывод через резолюции

- Чтобы определить, что БЗ $\models \alpha$:

Вывод через резолюции

- Чтобы определить, что БЗ $\models \alpha$:
  - Проверим, есть ли противоречие в (БЗ$\wedge\neg\alpha$).

Вывод через резолюции

- Чтобы определить, что БЗ $\models \alpha$:
  - Проверим, есть ли противоречие в (БЗ$\wedge\neg\alpha$).
    - Если есть противоречие, то БЗ $\models \alpha$.

- Чтобы определить, что БЗ $\models \alpha$:
  - Проверим, есть ли противоречие в (БЗ$\land\neg\alpha$).
    - Если есть противоречие, то БЗ $\models \alpha$.
    - Иначе, α не следует.

- Чтобы определить, что БЗ $\models \alpha$:

- Чтобы определить, что БЗ $\models \alpha$:
  - Преобразуем (БЗ $\wedge \neg\alpha$) в Конъюнктивную Нормальную Форму.

- Чтобы определить, что БЗ $\models \alpha$:
    - Преобразуем (БЗ $\wedge \neg \alpha$) в Конъюнктивную Нормальную Форму.
    - Находим, где мы можем применить резолюции для получения новых клауз.

Вывод через резолюции

- Чтобы определить, что БЗ $\models \alpha$:
  - Преобразуем (БЗ $\wedge \neg \alpha$) в Конъюнктивную Нормальную Форму.
  - Находим, где мы можем применить резолюции для получения новых клауз.
    - Если мы получим пустую клаузу (эквивалентную лжи), то мы нашли противоречие, и БЗ$\models \alpha$.

Вывод через резолюции

- Чтобы определить, что БЗ $\models \alpha$:
  - Преобразуем (БЗ $\wedge \neg \alpha$) в Конъюнктивную Нормальную Форму.
  - Находим, где мы можем применить резолюции для получения новых клауз.
    - Если мы получим пустую клаузу (эквивалентную лжи), то мы нашли противоречие, и БЗ$\models \alpha$.
    - Иначе, α не следуют из БЗ.

$$(A \vee B) \wedge (\neg B \vee C) \wedge (\neg C) \models A?$$

$$(A \vee B) \wedge (\neg B \vee C) \wedge (\neg C) \models A?$$

$$(A \vee B) \wedge (\neg B \vee C) \wedge (\neg C) \wedge (\neg A)$$

$$(A \lor B) \land (\neg B \lor C) \land (\neg C) \models A?$$

$$(A \lor B) \land (\neg B \lor C) \land (\neg C) \land (\neg A)$$

$$(A \lor B) \quad (\neg B \lor C) \quad (\neg C) \quad (\neg A)$$

$$(A \lor B) \land (\neg B \lor C) \land (\neg C) \models A?$$

$$(A \lor B) \land (\neg B \lor C) \land (\neg C) \land (\neg A)$$

$$(A \lor B) \quad \underline{(\neg B \lor C)} \quad \underline{(\neg C)} \quad (\neg A)$$

Вывод через резолюции

$$(A \vee B) \wedge (\neg B \vee C) \wedge (\neg C) \models A?$$

$$(A \vee B) \wedge (\neg B \vee C) \wedge (\neg C) \wedge (\neg A)$$

$$(A \vee B) \quad \underline{(\neg B \vee C)} \quad \underline{(\neg C)} \quad (\neg A) \quad (\neg B)$$

$$(A \lor B) \land (\neg B \lor C) \land (\neg C) \models A?$$

$$(A \lor B) \land (\neg B \lor C) \land (\neg C) \land (\neg A)$$

$$\underline{(A \lor B)} \quad (\neg B \lor C) \quad (\neg C) \quad (\neg A) \quad \underline{(\neg B)}$$

$$(A \lor B) \land (\neg B \lor C) \land (\neg C) \models A?$$

$$(A \lor B) \land (\neg B \lor C) \land (\neg C) \land (\neg A)$$

$$\underline{(A \lor B)} \quad (\neg B \lor C) \quad (\neg C) \quad (\neg A) \quad \underline{(\neg B)} \quad (A)$$

$$(A \lor B) \land (\neg B \lor C) \land (\neg C) \models A?$$

$$(A \lor B) \land (\neg B \lor C) \land (\neg C) \land (\neg A)$$

$$(A \lor B) \quad (\neg B \lor C) \quad (\neg C) \quad \underline{(\neg A)} \quad (\neg B) \quad \underline{(A)}$$

$$(A \vee B) \wedge (\neg B \vee C) \wedge (\neg C) \models A?$$

$$(A \vee B) \wedge (\neg B \vee C) \wedge (\neg C) \wedge (\neg A)$$

$$(A \vee B) \quad (\neg B \vee C) \quad (\neg C) \quad \underline{(\neg A)} \quad (\neg B) \quad \underline{(A)} \quad ()$$

$$(A \vee B) \wedge (\neg B \vee C) \wedge (\neg C) \models A?$$

$$(A \vee B) \wedge (\neg B \vee C) \wedge (\neg C) \wedge (\neg A)$$

$$(A \vee B) \quad (\neg B \vee C) \quad (\neg C) \quad (\neg A) \quad (\neg B) \quad (A) \quad ()$$

Логика первого порядка

Пропозициональные символы

МинерваГриффиндор

МинрваПуффендуй

МинерваКогтевран

МнерваСлизерин

...

Символы констант	Символы предикатов
Минерва	Преподаватель
Помона	Факультет
Гораций	ПринаделжитК
Златопуст	
Гриффиндор	
Пуффендуй	
Когтевран	
Слизерин	

Логика первого порядка

Преподаватель(Минерва)	Минерва - преподаватель.
Факультет(Гриффиндор)	Грффиндор - факультет.
$\neg$Факльтет(Минерва)	Минерва не факультет.
ПринадлежитК(Минерва, Гриффиндор)	Минерва с Гриффиндора.

Квантор всеобщности

$$\forall x.\text{ПринадлежитК}(x,\ \text{Гриффиндор}) \rightarrow \neg\ \text{ПринадлежитК}(x,\ \text{Пуффендуй})$$

$$\forall x.\text{ПринадлежитК}(x, \text{Гриффиндор}) \rightarrow \neg\ \text{ПринадлежитК}(x, \text{Пуффендуй})$$

Для всех x, если x принадлежит к Гриффиндору, то не принадлежит к Пуффендую.

Квантор существования

$\exists x.\text{Факультет}(x) \wedge \text{ПринадлежитК}(\text{Минева}, x)$

$\exists x.$Факультет$(x) \wedge$ ПринадлежитК(Минева, x)

Существует x, такой что x - факультет и Минерва ему принадлежит.

$$\exists x.\text{Преподаватель}(x) \to \\ (\exists y.\text{Факультет}(y) \land \text{ПринадлежитК}(x, y))$$

$$\exists x.\text{Преподаватель}(x) \rightarrow \\ (\exists y.\text{Факультет}(y) \wedge \text{ПринадлежитК}(x, y))$$

Для все x, если x-преподаватель, то существует y, такой что y - факультет и x принадлежит к y.