

# Декларативно програмиране в процедурните езици

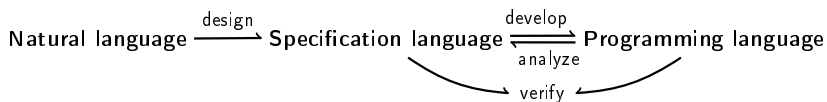
## Автоматизация при разработка, анализ и верификация на програмен код

Владислав Ненчев

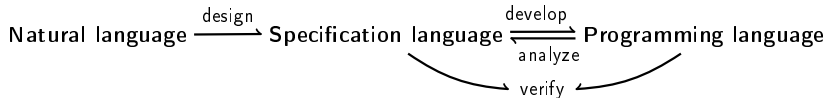
Софийски Университет “Св. Климент Охридски”  
Факултет по Математика и Информатика  
Катедра по Математическа Логика и Приложенията ѝ

13 Януари 2017

# Основни процеси и езици



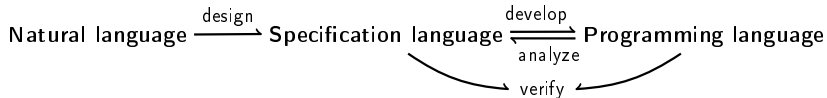
# Основни процеси и езици



Езици в процесите по разработка, анализ и верификация:

- Natural language - неформален или полужформален, декларативен/описателен;

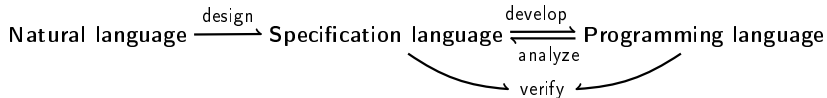
# Основни процеси и езици



Езици в процесите по разработка, анализ и верификация:

- ▶ Natural language - неформален или полужформален, декларативен/описателен;
- ▶ Specification language - формален (математически), декларативен;

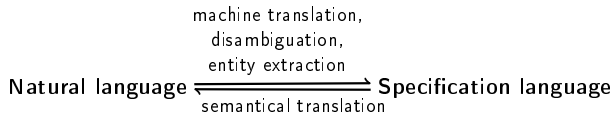
# Основни процеси и езици



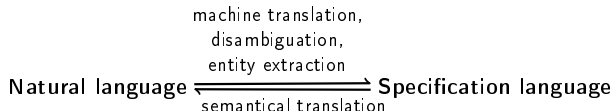
Езици в процесите по разработка, анализ и верификация:

- ▶ Natural language - неформален или полужформален, декларативен/описателен;
- ▶ Specification language - формален (математически), декларативен;
- ▶ Programming language - формален, декларативен или процедурен.

# Автоматизации при дизайн и разработка I



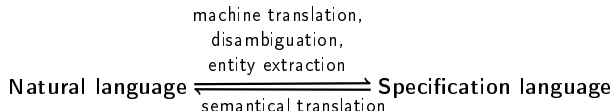
# Автоматизации при дизайн и разработка I



Технологии и методологии:

- ▶ Stanford NLP parser и др.;

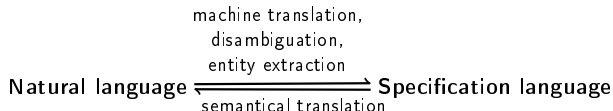
# Автоматизации при дизайн и разработка I



Технологии и методологии:

- ▶ Stanford NLP parser и др.;
- ▶ (статистически) машинен превод;

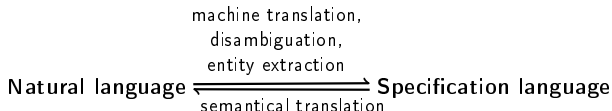
# Автоматизации при дизайн и разработка I



Технологии и методологии:

- ▶ Stanford NLP parser и др.;
- ▶ (статистически) машинен превод;
- ▶ семантичен превод между формални езици и дефиниции;

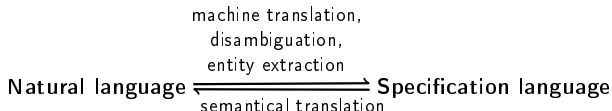
# Автоматизации при дизайн и разработка I



Технологии и методологии:

- ▶ Stanford NLP parser и др.;
- ▶ (статистически) машинен превод;
- ▶ семантичен превод между формални езици и дефиниции;
- ▶ извличане на понятия и анализ на многозначия;

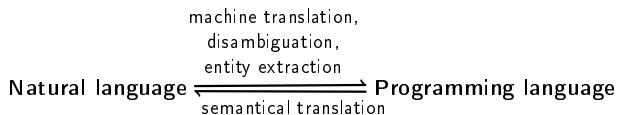
# Автоматизации при дизайн и разработка I



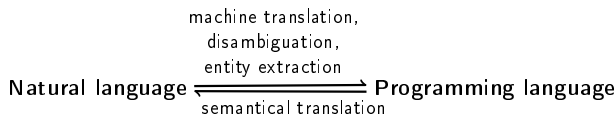
## Технологии и методологии:

- ▶ Stanford NLP parser и др.;
- ▶ (статистически) машинен превод;
- ▶ семантичен превод между формални езици и дефиниции;
- ▶ извличане на понятия и анализ на многозначия;
- ▶ други похвати от компютърната лингвистика - формални граматики, речници ...

# Автоматизации при дизайн и разработка II



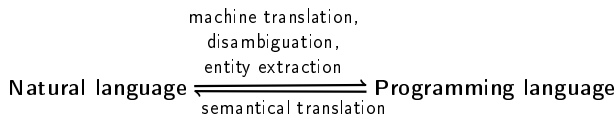
# Автоматизации при дизайн и разработка II



## Технологии и методологии:

- ▶ Stanford NLP parser и др.;
- ▶ (статистически) машинен превод;
- ▶ семантичен превод между формални езици и дефиниции;
- ▶ извличане на понятия и анализ на многозначия;
- ▶ компютърна лингвистика: формални граматики, речници;

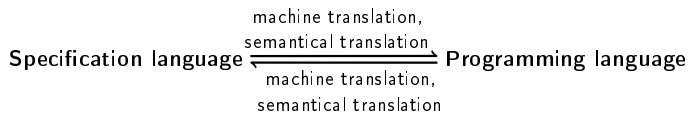
# Автоматизации при дизайн и разработка II



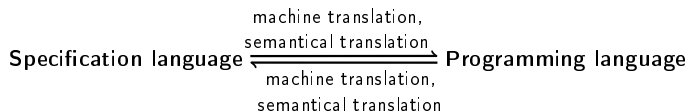
## Технологии и методологии:

- ▶ Stanford NLP parser и др.;
- ▶ (статистически) машинен превод;
- ▶ семантичен превод между формални езици и дефиниции;
- ▶ извличане на понятия и анализ на многозначия;
- ▶ компютърна лингвистика: формални граматики, речници;
- ▶ примери: English Query, Full Text Search.

# Автоматизации при дизайн и разработка III



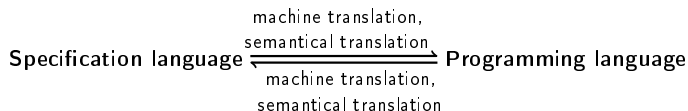
# Автоматизации при дизайн и разработка III



Технологии и методологии:

- ▶ семантичен превод между формални езици и дефиниции;

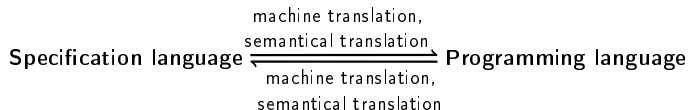
# Автоматизации при дизайн и разработка III



Технологии и методологии:

- ▶ семантичен превод между формални езици и дефиниции;
- ▶ синтактични parser-и;

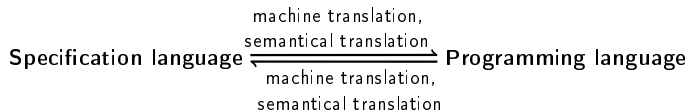
# Автоматизации при дизайн и разработка III



## Технологии и методологии:

- ▶ семантичен превод между формални езици и дефиниции;
- ▶ синтактични parser-и;
- ▶ port-ване между различни формални/програмни езици;

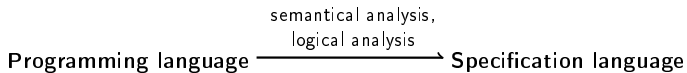
# Автоматизации при дизайн и разработка III



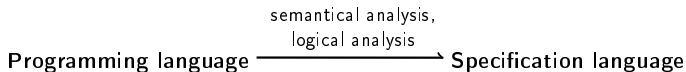
## Технологии и методологии:

- ▶ семантичен превод между формални езици и дефиниции;
- ▶ синтактични parser-и;
- ▶ port-ване между различни формални/програмни езици;
- ▶ компилиране и транслиране между спецификации и програмни езици.

# Автоматизации при анализ



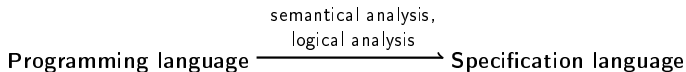
# Автоматизации при анализ



Технологии и методологии:

- ▶ семантичен превод между формални езици и дефиниции;

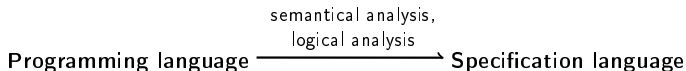
# Автоматизации при анализ



Технологии и методологии:

- ▶ семантичен превод между формални езици и дефиниции;
- ▶ машинен превод + формален/логически анализ;

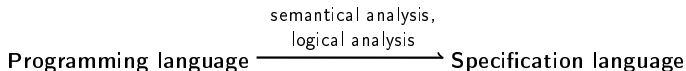
# Автоматизации при анализ



Технологии и методологии:

- ▶ семантичен превод между формални езици и дефиниции;
- ▶ машинен превод + формален/логически анализ;
- ▶ “Symbolic execution”, “Control flow analysis (FSM)”, “Data-flow analysis”;

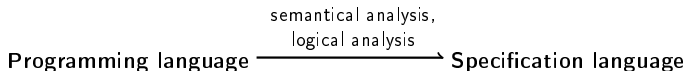
# Автоматизации при анализ



Технологии и методологии:

- ▶ семантичен превод между формални езици и дефиниции;
- ▶ машинен превод + формален/логически анализ;
- ▶ “Symbolic execution”, “Control flow analysis (FSM)”, “Data-flow analysis”;
- ▶ симулации (динамичен vs статичен анализ);

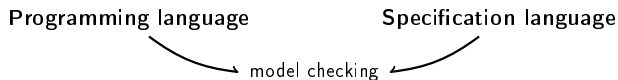
# Автоматизации при анализ



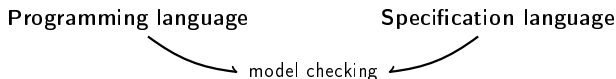
## Технологии и методологии:

- ▶ семантичен превод между формални езици и дефиниции;
- ▶ машинен превод + формален/логически анализ;
- ▶ “Symbolic execution”, “Control flow analysis (FSM)”, “Data-flow analysis”;
- ▶ симулации (динамичен vs статичен анализ);
- ▶ похвати от статистиката - класифициране и подредба.

# Автоматизации при верификация I



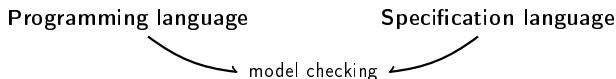
# Автоматизации при верификация I



Принцип:

- ▶ Програмата се представя като формална структура, спецификацията/ свойството - като формула, и се проверява за изпълнимост.

# Автоматизации при верификация I



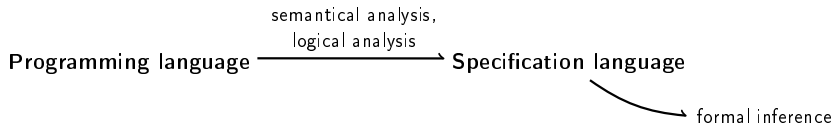
## Принцип:

- ▶ Програмата се представя като формална структура, спецификацията/ свойството - като формула, и се проверява за изпълнимост.

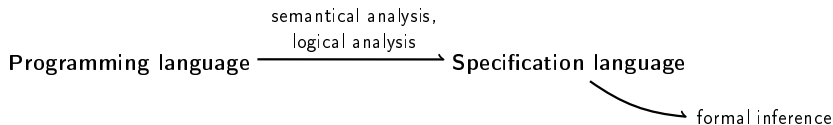
## Примери:

- ▶ JavaPathFinder, Cmc, MaceMC, превод до съждителна формула или control flow graph и използване на SAT, F-Soft, Saturn, Calysto, SPIN, CHES.

# Автоматизации при верификация II



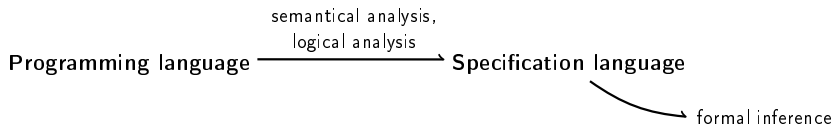
# Автоматизации при верификация II



Технологии и методологии:

- ▶ превод/анализ на код до спецификации/свойства;

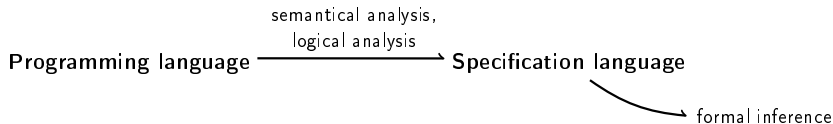
# Автоматизации при верификация II



Технологии и методологии:

- ▶ превод/анализ на код до спецификации/свойства;
- ▶ похвати от математическата логика - формален извод, анализ за изпълнимост/непротиворечивост;

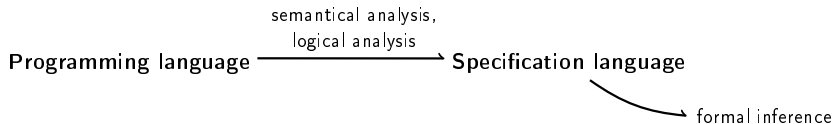
# Автоматизации при верификация II



## Технологии и методологии:

- ▶ превод/анализ на код до спецификации/свойства;
- ▶ похвати от математическата логика - формален извод, анализ за изпълнимост/непротиворечивост;
- ▶ похвати от изкуствения интелект - семантични мрежи, невронни мрежи, формален извод;

# Автоматизации при верификация II



## Технологии и методологии:

- ▶ превод/анализ на код до спецификации/свойства;
- ▶ похвати от математическата логика - формален извод, анализ за изпълнимост/непротиворечивост;
- ▶ похвати от изкуствения интелект - семантични мрежи, невронни мрежи, формален извод;
- ▶ похвати от статистиката - Марковски модели, приемане/отхвърляне на хипотези, статистически извод.

## Приложение на метода на резолюцията

```
customers.All(x =>
    !x.HasOverduePayments() ||
    !x.IsAllowedToPurchase());

customers.All(x =>
    promotions.Any(y =>
        y.Customer == x));

promotions.All(x =>
    x.Customer.IsAllowedToPurchase());
```

!c.HasOverduePayments() || !c.IsAllowedToPurchase():  
от c.HasOverduePayments() следва, че !c.IsAllowedToPurchase()

## Приложение на метода на резолюцията (продължение)

```
customers.All(x =>  
    !x.HasOverduePayments() ||  
    !x.IsAllowedToPurchase());
```

$$(\forall x \in customers)(HasOP(x) \implies \neg AllowedP(x)) \quad \equiv$$

$$\forall x(Cust(x) \implies (HasOP(x) \implies \neg AllowedP(x))) \quad \equiv$$

$$\forall x(Cust(x) \implies (\neg HasOP(x) \vee \neg AllowedP(x))) \quad \equiv$$

$$\forall x(\neg Cust(x) \vee \neg HasOP(x) \vee \neg AllowedP(x))$$

## Приложение на метода на резолюцията (продължение)

```
customers.All(x =>  
    !x.HasOverduePayments() ||  
    !x.IsAllowedToPurchase());
```

$$(\forall x \in customers)(HasOP(x) \implies \neg AllowedP(x)) \equiv$$

$$\forall x(Cust(x) \implies (HasOP(x) \implies \neg AllowedP(x))) \equiv$$

$$\forall x(Cust(x) \implies (\neg HasOP(x) \vee \neg AllowedP(x))) \equiv$$

$$\forall x(\neg Cust(x) \vee \neg HasOP(x) \vee \neg AllowedP(x))$$

$$D_1 = \{ \neg Cust(x), \neg HasOP(x), \neg AllowedP(x) \}$$

## Приложение на метода на резолюцията (продължение)

```
customers.All(x =>  
    promotions.Any(y =>  
        y.Customer == x));
```

$$(\forall x \in customers)(\exists y \in promotions)(IsPC(y, x)) \equiv$$

$$\forall x(Cust(x) \implies \exists y(Prom(y) \ \& \ IsPC(y, x))) \equiv$$

$$\forall x \exists y (\neg Cust(x) \vee (Prom(y) \ \& \ IsPC(y, x)))$$

## Приложение на метода на резолюцията (продължение)

```
customers.All(x =>  
    promotions.Any(y =>  
        y.Customer == x));
```

$$(\forall x \in customers)(\exists y \in promotions)(IsPC(y, x)) \equiv$$

$$\forall x(Cust(x) \implies \exists y(Prom(y) \& IsPC(y, x))) \equiv$$

$$\forall x \exists y (\neg Cust(x) \vee (Prom(y) \& IsPC(y, x)))$$

$$D_2 = \{ \neg Cust(x), Prom(f(x)) \}$$

$$D_3 = \{ \neg Cust(x), IsPC(f(x), x) \}$$

## Приложение на метода на резолюцията (продължение)

```
promotions.All(x =>  
    x.Customer.IsAllowedToPurchase());
```

$$(\forall x \in \text{promotions})(\exists y \in \text{customers})(\text{IsPC}(x, y) \ \& \ \text{AllowedP}(y)) \quad \equiv \\ \forall x \exists y (\neg \text{Prom}(x) \vee (\text{Cust}(y) \ \& \ \text{IsPC}(x, y) \ \& \ \text{AllowedP}(y)))$$

## Приложение на метода на резолюцията (продължение)

```
promotions.All(x =>  
    x.Customer.IsAllowedToPurchase());
```

$$(\forall x \in \text{promotions})(\exists y \in \text{customers})(\text{IsPC}(x, y) \ \& \ \text{AllowedP}(y)) \quad \equiv \\ \forall x \exists y (\neg \text{Prom}(x) \vee (\text{Cust}(y) \ \& \ \text{IsPC}(x, y) \ \& \ \text{AllowedP}(y)))$$

$$D_4 = \{ \neg \text{Prom}(x), \text{Cust}(g(x)) \}$$

$$D_5 = \{ \neg \text{Prom}(x), \text{IsPC}(x, g(x)) \}$$

$$D_6 = \{ \neg \text{Prom}(x), \text{AllowedP}(g(x)) \}$$

## Приложение на метода на резолюцията (продължение)

$$D_1 = \{ \neg Cust(x), \neg HasOP(x), \neg AllowedP(x) \}$$

$$D_2 = \{ \neg Cust(x), Prom(f(x)) \}$$

$$D_3 = \{ \neg Cust(x), IsPC(f(x), x) \}$$

$$D_4 = \{ \neg Prom(x), Cust(g(x)) \}$$

$$D_5 = \{ \neg Prom(x), IsPC(x, g(x)) \}$$

$$D_6 = \{ \neg Prom(x), AllowedP(g(x)) \}$$

## Приложение на метода на резолюцията (продължение)

$$D_1 = \{ \neg Cust(x), \neg HasOP(x), \neg AllowedP(x) \}$$

$$D_2 = \{ \neg Cust(x), Prom(f(x)) \}$$

$$D_3 = \{ \neg Cust(x), IsPC(f(x), x) \}$$

$$D_4 = \{ \neg Prom(x), Cust(g(x)) \}$$

$$D_5 = \{ \neg Prom(x), IsPC(x, g(x)) \}$$

$$D_6 = \{ \neg Prom(x), AllowedP(g(x)) \}$$

$(\exists x \in customers)(HasOP(x)), (\exists x \in customers)(\neg HasOP(x)), \dots$

## Приложение на метода на резолюцията (продължение)

$$D_1 = \{ \neg Cust(x), \neg HasOP(x), \neg AllowedP(x) \}$$

$$D_2 = \{ \neg Cust(x), Prom(f(x)) \}$$

$$D_3 = \{ \neg Cust(x), IsPC(f(x), x) \}$$

$$D_4 = \{ \neg Prom(x), Cust(g(x)) \}$$

$$D_5 = \{ \neg Prom(x), IsPC(x, g(x)) \}$$

$$D_6 = \{ \neg Prom(x), AllowedP(g(x)) \}$$

$(\exists x \in customers)(HasOP(x)), (\exists x \in customers)(\neg HasOP(x)), \dots$

$$D_7 = \{ Cust(c) \}$$

$$D_8 = \{ HasOP(c) \}$$