Software Engineering in der Praxis

Praktische Übungen

Software-Metriken

Florin Pinte Marc Spisländer

Lehrstuhl für Software Engineering
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

1 Inhalt

2 Nachlese
- Objektorientiertes Design

3 Software-Metriken
- Definition
- Allgemeine Betrachtungen zum Messen

4 Software-Metriken mit Together
- Lines of Code
- Halstead-Metrik
- McCabe-Metrik
- Messen mit Together

5 Zusatz: Findbugs als Codeanalyse-Werkzeug

Objektorientiertes Design

- Modellieren, *wie* Probleme gelöst werden
- Nah an der Implementierung
- Modellierungssprache UML:
  - Komponentendiagramm
  - Klassendiagramm
  - Objektdiagramm
  - Sequenzdiagramm
  - Zustandsautomat

Ab heute betrachten wir eine tiefere Abstraktionsstufe:

Code bzw. Implementierung

Software-Metriken

Definition

»Eine Softwarequalitätsmetrik ist eine Funktion, die eine Software-Einheit in einen Zahlenwert abbildet. Dieser berechnete Wert ist interpretierbar als der Erfüllungsgrad einer Qualitätseigenschaft der Software-Einheit.« (IEEE Standard 1061, 1992)

Zweck

Software messen, um sie vergleichbar zu machen, um:

- Qualität zu erhöhen
- Aufwand/Kosten abzuschätzen

Software-Metriken

Definition

»Eine Softwarequalitätsmetrik ist eine Funktion, die eine Software-Einheit in einen Zahlenwert abbildet. Dieser berechnete Wert ist interpretierbar als der Erfüllungsgrad einer Qualitätseigenschaft der Software-Einheit.« (IEEE Standard 1061, 1992)

Zweck

Software messen, um sie vergleichbar zu machen, um:

- Qualität zu erhöhen
- Aufwand/Kosten abzuschätzen

Allgemeine Betrachtungen zum Messen

Kontext: Reale Welt

- Menge von Objekten
- Jedes Objekt verfügt über gewisse Attribute
- Zum Beispiel:
  - Menge von Menschen mit Attributsfunktion »Alter«
  - Menge von Software mit Attributsfunktion »Lines of Code«
  - Menge von Software mit Attributsfunktion »Qualität«
  - Menge von Software mit Attributsfunktion »Komplexität«

Allgemeine Betrachtungen zum Messen

Kontext: Reale Welt

- Menge von Objekten
- Jedes Objekt verfügt über gewisse Attribute
- Zum Beispiel:
  - Menge von Menschen mit Attributsfunktion »Alter«
  - Menge von Software mit Attributsfunktion »Lines of Code«
  - Menge von Software mit Attributsfunktion »Qualität«
  - Menge von Software mit Attributsfunktion »Komplexität«

Allgemeine Betrachtungen zum Messen

Kontext: Reale Welt

- Menge von Objekten
- Jedes Objekt verfügt über gewisse Attribute
- Zum Beispiel:
  - Menge von Menschen mit Attributsfunktion »Alter«
  - Menge von Software mit Attributsfunktion »Lines of Code«
  - Menge von Software mit Attributsfunktion »Qualität«
  - Menge von Software mit Attributsfunktion »Komplexität«

Messen

Messen bedeutet die experimentelle Bestimmung von Attributwerten.

Modell der realen Welt

Zur systematischen, wissenschaftlichen Untersuchung: Abbildung der realen Objekte auf mathematische Objekte (Mengen, Funktionen, Relationen, . . .).

Kontext: Mathematische Welt

- Menge M von Objekten
- Attributsfunktion $A : M \longrightarrow W_A$
- Messfunktion $m_A : M \longrightarrow W_A$ (Modelliert das Messverfahren und die Messergebnisse)

Korrekte Messung

Frage

- Wird das Richtige gemessen, d. h. ist die Messung korrekt?
- Bzw. gilt $A = m_A$?
- Oder abgeschwächter: Korrelieren A und m_A?

Schwierigkeit

- Oft kein Konsens über die Definition der Attributsfunktion
- Beispiele: Qualität oder Komplexität von Software, Intelligenzquotient, ...

Korrekte Messung

Frage

- Wird das Richtige gemessen, d. h. ist die Messung korrekt?
- Bzw. gilt $A = m_A$?
- Oder abgeschwächter: Korrelieren A und m_A?

Schwierigkeit

- Oft kein Konsens über die Definition der Attributsfunktion
- Beispiele: Qualität oder Komplexität von Software, Intelligenzquotient, ...

Korrekte Messung

Frage

- Wird das Richtige gemessen, d. h. ist die Messung korrekt?
- Bzw. gilt $A = m_A$?
- Oder abgeschwächter: Korrelieren A und m_A?

Schwierigkeit

- Oft kein Konsens über die Definition der Attributsfunktion
- Beispiele: Qualität oder Komplexität von Software, Intelligenzquotient, ...

Korrekte Messung

Frage

- Wird das Richtige gemessen, d. h. ist die Messung korrekt?
- Bzw. gilt $A = m_A$?
- Oder abgeschwächter: Korrelieren A und m_A?

Schwierigkeit

- Oft kein Konsens über die Definition der Attributsfunktion
- Beispiele: Qualität oder Komplexität von Software, Intelligenzquotient, ...

Korrekte Messung

Frage

- Wird das Richtige gemessen, d. h. ist die Messung korrekt?
- Bzw. gilt $A = m_A$?
- Oder abgeschwächter: Korrelieren A und m_A?

Schwierigkeit

- Oft kein Konsens über die Definition der Attributsfunktion
- Beispiele: Qualität oder Komplexität von Software, Intelligenzquotient, ...

Definition von Attributsfunktionen

Mögliche Auswege

- Definiere Attributsfunktion A durch Messfunktion m_A:

$$A := m_A$$

  Korrektheit der Messung per Definition gegeben
- Untersuche Korrelation zwischen A und m_A:
  - Unterstelle jedem Menschen eine *intuitive* Vorstellung von A
  - Definiere m_A
  - Prüfe durch statistischen Tests, ob m_A und die »intuitive Funktion« A korrelieren

Definition von Attributsfunktionen

Mögliche Auswege

- Definiere Attributsfunktion A durch Messfunktion m_A:

$$A := m_A$$

  Korrektheit der Messung per Definition gegeben
- Untersuche Korrelation zwischen A und m_A:
  - Unterstelle jedem Menschen eine *intuitive* Vorstellung von A
  - Definiere m_A
  - Prüfe durch statistischen Tests, ob m_A und die »intuitive Funktion« A korrelieren

Beispiel *Lines of Code*

Definition der Attributsfunktion

Für alle Programme p:

$$A(p) := \text{»Anzahl der Zeilen von } p\text{«}$$

Definition der Messfunktion

Definition der Messfunktion m_A durch Algorithmus:

- Eingabe: Programm p
- Berechnung: Zählen der Zeilenendmarkierungen in p
- Ausgabe: Anzahl der Zeilen in p

Beispiel *Lines of Code*

Definition der Attributsfunktion

Für alle Programme p:

$$A(p) := \text{»Anzahl der Zeilen von } p\text{«}$$

Definition der Messfunktion

Definition der Messfunktion m_A durch Algorithmus:

- Eingabe: Programm p
- Berechnung: Zählen der Zeilenendmarkierungen in p
- Ausgabe: Anzahl der Zeilen in p

Beispiel *Lines of Code*

Korrektheit der Messung

Durch mathematischen Beweis folgerbar:

$$A = m_a$$

Beispiel *Software-Komplexität*

Problem

Keine allgemein anerkannte, genaue Definition der Attributsfunktion *Software-Komplexität*.

Hoffnung

- Intuitive Vorstellung der Attributsfunktion *Software-Komplexität* korreliert mit einer Messfunktion (z. B. *Lines of Code*)
- Nur durch statistischen Tests (Experiment) feststellbar

Beispiel *Software-Komplexität*

Problem

Keine allgemein anerkannte, genaue Definition der Attributsfunktion *Software-Komplexität*.

Hoffnung

- Intuitive Vorstellung der Attributsfunktion *Software-Komplexität* korreliert mit einer Messfunktion (z. B. *Lines of Code*)
- Nur durch statistischen Tests (Experiment) feststellbar

Beispiel *Software-Komplexität*

Problem

Keine allgemein anerkannte, genaue Definition der Attributsfunktion *Software-Komplexität*.

Hoffnung

- Intuitive Vorstellung der Attributsfunktion *Software-Komplexität* korreliert mit einer Messfunktion (z. B. *Lines of Code*)
- Nur durch statistischen Tests (Experiment) feststellbar

Software-Metriken mit Together

Das Werkzeug Together bietet verschiedene Metriken an, um Software zu messen. Für das Praktikum wichtig:

- Lines of Code (LOC)
- Halstead Program Length (HPLen)
- Halstead Program Volume (HPVol)
- Cyclomatic Complexity nach McCabe (CC)

LOC (Anzahl der Code-Zeilen)

Vorteile

- Einfach zu berechnen
- Einfach nachzuvollziehen

Nachteile

- Keine hohe Aussagekraft
- Abhängig vom Programmierstil

LOC (Anzahl der Code-Zeilen)

Vorteile

- Einfach zu berechnen
- Einfach nachzuvollziehen

Nachteile

- Keine hohe Aussagekraft
- Abhängig vom Programmierstil

Halstead-Metrik

- Betrache Programm als Wort über zwei disjunkte Alphabete:
  - Σ_1 Operatoren-Alphabet (Schlüsselwörter, $+$, $-$, Funktionenbezeichner, ...)
  - Σ_2 Operanden-Alphabet (Variablen, Literale)
- Definiere dann:

$$
\begin{aligned}
N_1 &:= \text{»Gesamtanzahl der vorkommenden Operatoren«} \\
N_2 &:= \text{»Gesamtanzahl der vorkommenden Operanden«} \\
N &:= N_1 + N_2 \text{ (Programmlänge } \textit{HPLen}\text{)} \\
n &:= |\Sigma_1| + |\Sigma_2| \text{ (Programmwortschatz } \textit{HPVoc}\text{)} \\
V &:= N \log n \text{ (Programmvolumen } \textit{HPVol}\text{)}
\end{aligned}
$$

Halstead-Metrik

- Betrache Programm als Wort über zwei disjunkte Alphabete:
  - Σ_1 Operatoren-Alphabet (Schlüsselwörter, $+$, $-$, Funktionenbezeichner, ...)
  - Σ_2 Operanden-Alphabet (Variablen, Literale)
- Definiere dann:

$$
\begin{array}{lcl}
N_1 & := & \text{»Gesamtanzahl der vorkommenden Operatoren«} \\
N_2 & := & \text{»Gesamtanzahl der vorkommenden Operanden«} \\
N & := & N_1 + N_2 \text{ (Programmlänge } \textit{HPLen}\text{)} \\
n & := & |\Sigma_1| + |\Sigma_2| \text{ (Programmwortschatz } \textit{HPVoc}\text{)} \\
V & := & N \log n \text{ (Programmvolumen } \textit{HPVol}\text{)}
\end{array}
$$

Halstead-Metrik (Fortsetzung)

Vorteile

- Einfach zu berechnen
- Indikator für Fehleranfälligkeit und Wartungsaufwand
- Robust in der Wahl der Programmiersprache

Nachteile

- Nur auf vollständigen Code anwendbar
- Weiterführende Halstead-Metriken, wie *Mentaler Aufwand* fragwürdig

Halstead-Metrik (Fortsetzung)

Vorteile

- Einfach zu berechnen
- Indikator für Fehleranfälligkeit und Wartungsaufwand
- Robust in der Wahl der Programmiersprache

Nachteile

- Nur auf vollständigen Code anwendbar
- Weiterführende Halstead-Metriken, wie *Mentaler Aufwand* fragwürdig

McCabe-Metrik

- Annahme: Programm hat genau einen Eintritts- und genau einen Austrittspunkt (erfüllt beim strukturellen Programmieren)
- Aufbau des Kontrollflussgraphen G
  - Anzahl der Kanten: e
  - Anzahl der Knoten: n
- *Zyklomatische Komplexität*:

$$\nu[G] = e - n + 2 \qquad (CC)$$

McCabe-Metrik

- Annahme: Programm hat genau einen Eintritts- und genau einen Austrittspunkt (erfüllt beim strukturellen Programmieren)
- Aufbau des Kontrollflussgraphen G
  - Anzahl der Kanten: e
  - Anzahl der Knoten: n
- *Zyklomatische Komplexität*:

$$v[G] = e - n + 2 \qquad (CC)$$

McCabe-Metrik

- Annahme: Programm hat genau einen Eintritts- und genau einen Austrittspunkt (erfüllt beim strukturellen Programmieren)
- Aufbau des Kontrollflussgraphen G
  - Anzahl der Kanten: e
  - Anzahl der Knoten: n
- *Zyklomatische Komplexität*:

$$\nu[G] = e - n + 2 \qquad (CC)$$

McCabe-Metrik (Fortsetzung)

Eigenschaften

- $v[G]$ ist die maximale Anzahl linear unabhängiger Zyklen im *erweiterten Kontrollflussgraphen* (= Kontrollflussgraph + Kante vom Austrittspunkt zum Eintrittspunkt).
- Verfeinfachung unter folgender Annahme:
  - Nur vier Klassen von Knoten im Kontrollflussgraphen:

    x Funktionsknoten Knoten, die Berechnung ausführen
    y Sammelknoten Knoten, die Verzweigung zusammenführen
    z Prädikatenknoten Knoten mit 2 Ausgangskanten
    2 Zusatzknoten Eingangs- bzw. Ausgangsknoten
  - Dann gilt:

$$v[G] = e - n + 2 = (1 + x + y + 2z) - (x + y + z + 2) + 2 = z + 1$$

McCabe-Metrik (Fortsetzung)

Eigenschaften

- $v[G]$ ist die maximale Anzahl linear unabhängiger Zyklen im *erweiterten Kontrollflussgraphen* (= Kontrollflussgraph + Kante vom Austrittspunkt zum Eintrittspunkt).
- Verfeinfachung unter folgender Annahme:
  - Nur vier Klassen von Knoten im Kontrollflussgraphen:

    x Funktionsknoten Knoten, die Berechnung ausführen
    y Sammelknoten Knoten, die Verzweigung zusammenführen
    z Prädikatenknoten Knoten mit 2 Ausgangskanten
    2 Zusatzknoten Eingangs- bzw. Ausgangsknoten
  - Dann gilt:

$$v[G] = e - n + 2 = (1 + x + y + 2z) - (x + y + z + 2) + 2 = z + 1$$

McCabe-Metrik (Fortsetzung)

Eigenschaften

- $\nu[G]$ ist die maximale Anzahl linear unabhängiger Zyklen im *erweiterten Kontrollflussgraphen* (= Kontrollflussgraph + Kante vom Austrittspunkt zum Eintrittspunkt).
- Verfeinfachung unter folgender Annahme:
  - Nur vier Klassen von Knoten im Kontrollflussgraphen:

    x Funktionsknoten Knoten, die Berechnung ausführen
    y Sammelknoten Knoten, die Verzweigung zusammenführen
    z Prädikatenknoten Knoten mit 2 Ausgangskanten
    2 Zusatzknoten Eingangs- bzw. Ausgangsknoten
  - Dann gilt:

$$\nu[G] = e - n + 2 = (1 + x + y + 2z) - (x + y + z + 2) + 2 = z + 1$$

McCabe-Metrik (Fortsetzung)

Vorteile

- Indikator für Wartungsaufwand
- Anhaltspunkt für die Zahl benötigter unabhängiger Testfälle für Kontrollflussabdeckung
- Früh in der Entwicklung einsetzbar

Nachteile

- Keine Datenkomplexität
- Gleiche Gewichtung geschachtelter wie ungeschachtelter Schleifen

McCabe-Metrik (Fortsetzung)

Vorteile

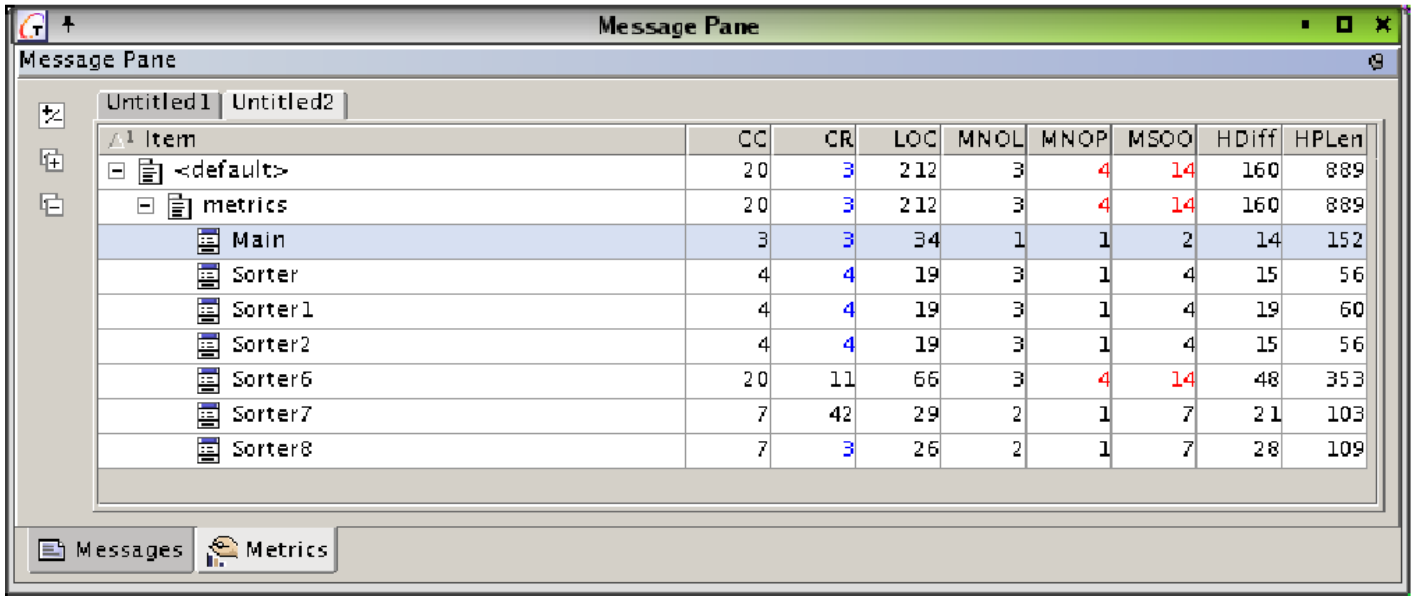
- Indikator für Wartungsaufwand
- Anhaltspunkt für die Zahl benötigter unabhängiger Testfälle für Kontrollflussabdeckung
- Früh in der Entwicklung einsetzbar

Nachteile

- Keine Datenkomplexität
- Gleiche Gewichtung geschachtelter wie ungeschachtelter Schleifen

Auswertungsmöglichkeiten

Zunächst eine Tabelle...



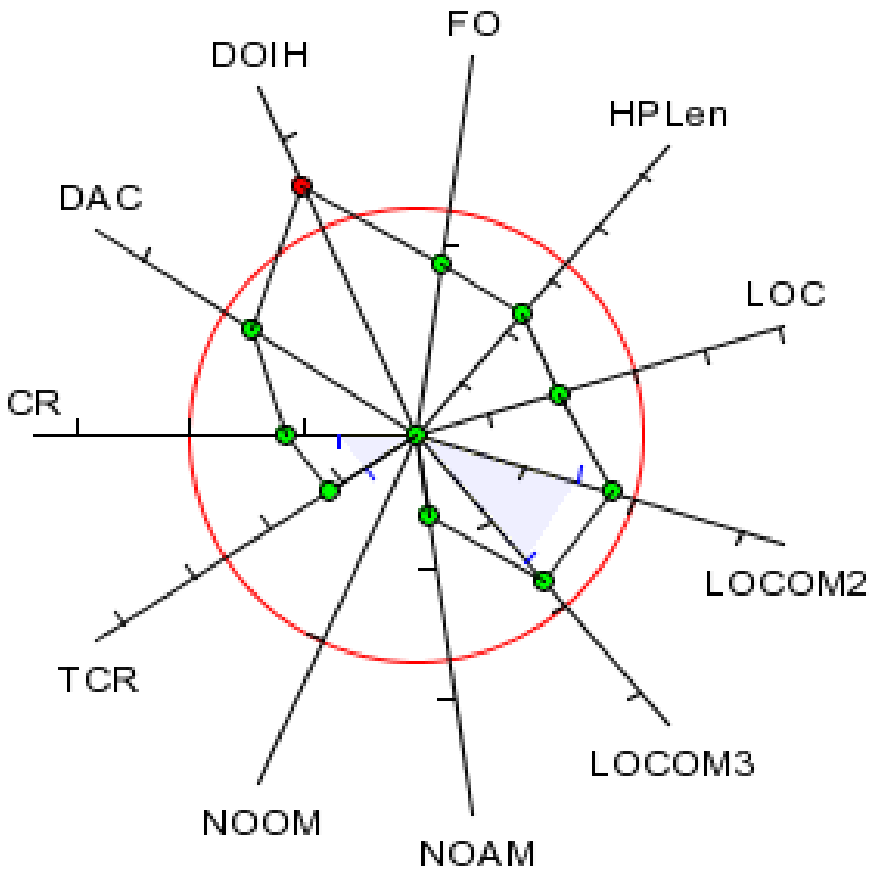
Item	CC	CR	LOC	MNOL	MNOP	MSOO	HDiff	HPLen
<default>	20	3	212	3	4	14	160	889
metrics	20	3	212	3	4	14	160	889
Main	3	3	34	1	1	2	14	152
Sorter	4	4	19	3	1	4	15	56
Sorter1	4	4	19	3	1	4	19	60
Sorter2	4	4	19	3	1	4	15	56
Sorter6	20	11	66	3	4	14	48	353
Sorter7	7	42	29	2	1	7	21	103
Sorter8	7	3	26	2	1	7	28	109

Auswertungsmöglichkeiten (Fortsetzung)

- Farbliche Kennzeichnung der Ergebnisse:
  - blau: Wert liegt unter einer gegebenen unteren Schranke
  - rot: Wert liegt über einer gegebenen oberen Schranke
  - schwarz: Wert liegt zwischen den Schranken
- Aggregation der Werte
  - Zur Klasse
  - Zum Package
- Kiviat-Diagramme

Kiviat-Diagramme

Mehrere Werte werden sternförmig aufgetragen:



Kiviat-Diagramme (Fortsetzung)

- Richtwerte bestimmen
  - Vom Tool vorgeschlagen
  - Einstellbar
  - Maximum und Minimum
- Maßzahlen normieren
- Im Graphen eintragen
  - Richtwerte als Kreise
  - Metriken als Strahlen
  - Werte des Betrachteten Moduls als Polygon

Findbugs als Codeanalyse-Werkzeug

- Zusätzlich zu herkömmlichen Metriken erlaubt das Werkzeug *Findbugs* die Suche nach Bugpattern
- Nützlich, um nach bestimmen Kriterien die Qualität des Codes zu erhöhen
- Zum Beispiel: Einhalten von Codingstandards, Streams nach dem Öffnen schließen, . . .